

*Análise de Funções de Segurança num processo industrial e  
num posto de transformação de energia eléctrica, numa  
industria papaleira, aplicando a metodologia SFA*

Por

Filipe José Martins Carracinha

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação da

**Professora Doutora Celeste Jacinto**

Lisboa

2009

Dedico este trabalho

✚ Aos meus filhos, Guilherme, Diogo e Pedro Martim, que são tudo para mim.

✚ À minha querida Liliana que me apoiou e incentivou nas longas horas de trabalho.

✚ Aos meus pais, António e Barbara, que me ofereceram a possibilidade de hoje poder estar a escrever esta tese.

Agradecimentos:

À orientadora desta dissertação, Professora Doutora Celeste Jacinto, todo o apoio e acompanhamento prestado, bem como as suas preciosas sugestões, pois sem elas nunca teria sido possível realizar este trabalho.

Ao Professor Harms-Ringdahl agradeço os comentários e troca de ideias sobre algumas questões.

Queria agradecer também aos colaboradores da Renova, Liliana e João, que contribuíram para a identificação e análise das funções de segurança dos casos de estudo.

Agradeço também à Administração da Renova por ter autorizado e facilitado a execução deste estudo.

# Resumo

Este trabalho descreve um estudo de segurança que aplica um método recente, desenvolvido para avaliação do risco de acidente ocupacional, chamado “*Safety Function Analysis – SFA*”. Este método insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, sendo no entanto mais específico que os métodos tradicionais. Por um lado, esta especificidade resulta do facto do SFA apenas avaliar os perigos mais críticos, previamente identificados através de outros métodos mais abrangentes. Por outro lado, tem como principal objecto de estudo a análise do “estado de segurança” de um sistema através da avaliação das Funções de Segurança (ou existentes ou em falta no sistema em causa). O SFA integra conceitos e abordagens actuais, nomeadamente os conceitos de “*Safety Barrier*” e “*Safety Function*”. O conceito “*Safety Barrier*” ou “*Barreira de Segurança*”, é usado para identificar quais os meios físicos e/ou não físicos concebidos para prevenir, controlar ou atenuar acontecimentos indesejáveis ou acidentes. De forma análoga, uma “*Safety Function*” ou “*Função de Segurança*” é, por definição, (Ringhdal, 2001), “*uma função técnica, organizacional ou a combinação de ambas, que podem reduzir a probabilidade e/ou as consequências da ocorrência de acidentes ou outros eventos indesejáveis num sistema*”.

O presente trabalho aplica a metodologia SFA a um Posto de Transformação de Energia Eléctrica (PT) e a um Paletizador de Caixas de Cartão, ambos da Renova. Para os perigos com risco mais elevado foram avaliadas cada uma das Funções de Segurança necessárias, sendo 59 no caso do PT e 32 no caso do Paletizador. Dessa avaliação resultaram propostas de alteração do estado da respectiva Barreira de Segurança, ou não, consoante a sua aceitabilidade.

# Abstract

This work describes a safety analysis, which applies a recent methodology named Safety Function Analysis (SFA), developed by Harms-Ringhdal, to assess the risks of occupational accidents. This method belongs to the general group of risk evaluation methodologies, being however more specific than the traditional approaches. On the one hand, this specificity results from the fact that SFA only evaluates the more critical hazards that had been previously identified through other more comprehensive methods. On the other hand, it focuses the analysis on the “state of safety” of a system, through the evaluation of its Safety Functions (either existing or absent in the system). The SFA integrates novel concepts and approaches, namely the concepts of “Safety Barrier” and “Safety Function”. The concept of safety barrier is used for identifying which physical and/or non-physical means are used to prevent, control or mitigate undesired events or accidents. Quite similarly, a safety function is, by definition, a “*technical, organizational, or combined function, that can reduce the probability and/or the consequences of accidents and other unwanted events in a system*” (Harms-Ringhdal, 2001).

The present work applies the SFA methodology to an Electrical Power Transformer Substation (PT) and also to an Automatic Palletising Machine, both in Renova’s industrial plant. For a number of critical hazards each relevant safety function was assessed, of which 59 in the PT and 32 in the palletiser machine. As a result of such evaluation, the author discusses and suggests proposals of alteration, or not, depending on their acceptability.

## **Publicação / Comunicação resultante desta dissertação**

Carracinha, F. e Jacinto, C. (2009). Aplicação do método SFA (Safety Function Analysis) a um posto de transformação de energia eléctrica da Renova. In: *Riscos Industriais Emergentes*, C. Guedes Soares, C. Jacinto, A.P. Teixeira, P. Antão (Eds), Edições Salamandra, Lisboa, 2009, Vol. 2, pp. 827-844 (cópia do artigo Apêndice C).

# Índice de Matérias

<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1. Enquadramento teórico - Revisão da Literatura.....</b>	<b>4</b>
Barreiras de segurança/análise de segurança.....	4
Funções de segurança .....	10
SFA - Safety Function Analysis .....	11
Análise de Risco (Revisão de métodos) .....	12
Síntese do capítulo.....	23
<b>Capítulo 2. Enquadramento técnico e legislativo.....</b>	<b>25</b>
Segurança Eléctrica – Postos de Transformação .....	25
Instalações – Disposições Gerais.....	28
Instalações - Protecções.....	29
Instalações - Exploração e Conservação .....	30
Instruções de primeiros socorros .....	31
Segurança de Máquinas - legislação.....	31
Decreto-lei n.º 50/2005, de 25 de fevereiro.....	34
Directiva Máquinas – Decreto-Lei nº 320/2001, de 12 de Dezembro.....	36
Normas Harmonizadas .....	38
Síntese do capítulo.....	40
<b>Capítulo 3. Metodologia .....</b>	<b>41</b>
Metodologia global do trabalho.....	41
Método W. FINE (Metodo simplificado).....	42
Método Safety Function Analysis .....	46
<b>Capítulo 4. Casos de Estudo.....</b>	<b>54</b>
Empresa/Contexto .....	54
Processo Produtivo .....	55
Descrição do Posto de Transformação .....	57

Descrição do paletizador das caixas de cartão.....	60
<b>Capítulo 5. Aplicação do método SFA .....</b>	<b>63</b>
1º Caso de Estudo – Posto de Transformação .....	63
Seleccionar os perigos .....	63
Identificar as Funções de Segurança no perigo “choque eléctrico MT” (exemplo).....	63
Estruturar, classificar e avaliar as Funções de Segurança .....	63
Propor melhorias .....	65
2º Caso de Estudo – Paletizadores de Caixas .....	69
Seleccionar os perigos .....	69
Identificar as Funções de Segurança no perigo “contacto mecânico” (exemplo) ..	69
Estruturar, classificar e avaliar as Funções de Segurança .....	70
Propor melhorias .....	73
Síntese do Capítulo.....	73
<b>Capítulo 6. Discussão de resultados .....</b>	<b>76</b>
Método W. FINE .....	76
Método SFA .....	78
Síntese dos resultados do Posto de transformação .....	78
Síntese dos resultados do Paletizador de Caixas .....	80
Síntese do capítulo.....	81
<b>Capítulo 7. Conclusões.....</b>	<b>83</b>
<b>Referências .....</b>	<b>85</b>
Referencias bibliográficas .....	85
Legistação e Directivas.....	87
<b>Apêndices</b>	
A - Tabelas com os resultados da aplicação do SFA ao Posto de Transformação de Energia Eléctrica .....	88
B - Tabelas com os resultados da aplicação do SFA ao Sistema de Paletização de Caixas de Cartão .....	99
C – Publicação / Comunicação resultante desta dissertação .....	106



## Índice de Figuras

Figura 1.1 Utilização de Jerseys como barreira física .....	6
Figura 1.2 Relé Electrónico de monitorização .....	7
Figura 1.3 - Exemplo de Barreiras Simbólicas.....	7
Figura 1.4 – Esquema representativo de um diagrama bow-tie (Dianous & Fiévez, 2006, p. 221) .....	9
Figura 1.5 - Modelo Geral das Funções de Segurança (adaptado de Harms-Ringdahl (2001, p.156) .....	10
Figura 1.6 - Exemplo-tipo de uma árvore de falhas .....	18
Figura 1.7 - Etapas principais no método das Energias.....	20
Figura 1.8 - Etapas principais no método das Energias (Adaptado Ringdahl, 2001).....	21
Figura 2.1 - Seccionador (site Efacec).....	27
Figura 2.2 - Disjuntor de Hexaflureto de Enxofre (SF6) (site Efacec).....	28
Figura 2.3 - Símbolo de Perigo de Morte .....	29
Figura 2.4 - Exemplo de uma matriz de risco segundo a EN 1050 (curso de segurança de máquinas – Omron) .....	40
Figura 3.1 - Esquema Ilustrativo do Método FINE Simplificado (processo de valoração do risco) .....	42
Figura 3.2 - Etapas principais da SFA (adaptado Harms-Ringdahl, 2003) .....	47
Figura 4.1 - Processo produtivo da Renova.....	55
Figura 4.2 - Monobloco de 30 KV da DITA .....	57
Figura 4.3 - Relé de protecção do tipo MIF II da GE.....	58
Figura 4.4 - Celas dos Transformadores.....	58
Figura 4.5 – Esquema unifilar MT do PT da DITA .....	59
Figura 4.6 - Vista Geral do Paletizador Central .....	61
Figura 4.7 - Entrada do Paletizador Automático. ....	61
Figura 5.1 - Exemplo de encravamentos mecânicos no disjuntor MT .....	64
Figura 5.2 - Elemento móvel com barreira mal colocada.....	70
Figura 5.3 - Elemento móvel sem barreira .....	71

# Índice de Tabelas

Tabela 1.1- Avaliação da qualidade dos Sistemas de Barreiras (adaptado Hollnagel, 2004).....	8
Tabela 1.2 - Palavras-chave do HAZOP e seus significados - Kletz (1999).....	16
Tabela 1.3 - Simbologia do FTA .....	18
Tabela 1.4 - Exemplos de formas de energia (Ringdahl, 2001) .....	19
Tabela 1.5 - Forma simplificada para estimar o risco (BS8800:2004, tradução Jacinto, 2006).....	20
Tabela 3.1 - Classificação do nível de deficiência (Renova, adaptado Veiga, 2006) ....	43
Tabela 3.2 - Determinação do Nível de Exposição (Renova, adaptado Veiga, 2006) ...	44
Tabela 3.3 - Nível de Probabilidade (Renova, adaptado Veiga, 2006) .....	44
Tabela 3.4 - Determinação do Nível de Consequência (Renova, adaptado Veiga, 2006) .....	45
Tabela 3.5 - Avaliação do Nível de Risco (Renova, adaptado Veiga, 2006) .....	46
Tabela 3.6 - Categorias da característica intenção das FS (Harms-Ringdahl, 2003a)....	50
Tabela 3.7 - Categorias da característica importância das FS (Harms-Ringdahl, 2003a) .....	50
Tabela 3.8 - Escala de aceitabilidade das FS (Harms-Ringdahl, 2003a).....	51
Tabela 3.9 - Plano de acção (Árvore de decisão) .....	52
Tabela 5.1 - Avaliação das Funções de Segurança para o perigo “choque eléctrico em MT .....	67
Tabela 5.2 - Exemplo de Acções correctivas propostas para o perigo “choque eléctrico em MT .....	68
Tabela 5.3 - Avaliação das Funções de Segurança para o perigo “Contacto Mecânico” nos paletizadores.....	72
Tabela 5.4 - Exemplo de Acções correctivas propostas para o perigo “Contacto Mecânico” nos paletizadores .....	74
Tabela 5.5 - Exemplo de Checklist para verificação de barreiras em elementos móveis .....	75
Tabela 6.1- Tabela de avaliação de riscos para o perigo choque eléctrico em MT (Renova, extracto) .....	77
Tabela 6.2 - Resumo da avaliação das FS no Posto de Transformação .....	78
Tabela 6.3 - Resumo das recomendações propostas para o Posto de Transformação...	79

Tabela 6.4 - Resumo das acções correctivas propostas para o Posto de Transformação	79
Tabela 6.5 - Resumo da avaliação das FS dos paletizadores de caixas.....	80
Tabela 6.6 - Resumo das recomendações propostas para os paletizadores das caixas..	81
Tabela 6.7 - Resumo das acções correctivas propostas para os paletizadores das caixas	81

# Introdução

A avaliação de riscos pode ser encarada como um “exame” cuidadoso às máquinas / processos / instalações, etc. de modo a identificar os perigos aí existentes e consequentemente avaliar os riscos, para se poderem tomar as medidas de redução do risco julgadas necessárias, com o objectivo de os eliminar, substituir, ou mitigar os seus efeitos, se um acidente ocorrer. Muitos são os métodos que, ao longo dos tempos, têm surgido para efectuar essa avaliação. Uns são de cariz preditivo e outros reactivo, consoante se trate duma avaliação antes de um acidente ocorrer ou depois de um acidente ocorrer, respectivamente. Também podem ser de âmbito mais generalistas ou mais específicas. No entanto, todas elas têm como objectivo principal, identificar os perigos, estimar os riscos e propor medidas de segurança que contribuam para a eliminação dos perigos ou redução das consequências.

A partir do ano 2000, Harms-Ringdahl desenvolveu uma nova metodologia para avaliação de riscos baseada no estudo das *Funções de Segurança (FS)* identificadas num perigo específico, a *Safety Function Analysis- SFA*. O conceito de função de segurança é um termo muito abrangente, cuja definição nem sempre é encontrada na literatura. A terminologia usada para descrever essas funções é variada. Um dos termos muito referenciado e comumente utilizado na literatura de análise de riscos é o de “*Barreira*” e o de “*Barreira de Segurança*”. As barreiras de segurança são todos os obstáculos, físicos ou não, que se podem criar/desenvolver para evitar os acidentes ou, caso ocorram, minimizem os seus efeitos. Uma forma de as classificar foi apresentada por Hollnagel, em 2008. Este classificou-as de físicas, funcionais, simbólicas e incorpóreas. A SFA é considerada uma das metodologias de avaliação de risco específicas, uma vez que os perigos, onde se vão identificar e avaliar as Funções de Segurança, serem somente os mais significativos, previamente identificados nos métodos tradicionais.

A presente dissertação tem como principal objectivo a aplicação da metodologia SFA a um Posto de Transformação de Energia Eléctrica e a um Sistema de Paletização Automático de Caixas de Cartão, ambos na Renova. A escolha do Posto de Transformação (PT) de energia eléctrica resultou dos seguintes factores:

- Ter sido construído um novo PT, o qual ainda não tinha sido objecto de avaliação específica;
- Procurar oportunidades de melhoria nas condições de segurança na exploração do mesmo;
- Ser uma instalação intrinsecamente perigosa, onde a ocorrência de um acidente com a média tensão poderá ter consequências gravíssimas.

O objectivo concreto foi o de verificar se todas as medidas de segurança tinham efectivamente sido incluídas na fase de projecto e se estavam a funcionar como previsto.

Por outro lado, a escolha do Sistema de Paletização deveu-se a:

- Uma alteração na sua estrutura (mais alto);
- Uma mudança de local de implantação;
- Uma adequação ao Decreto-lei 50/2005;
- Actualizar e reforçar a análise de riscos anterior, que entretanto ficou obsoleta/desactualizada.

Este trabalho foi estruturado em sete capítulos, cujo conteúdo é aqui apresentado de uma forma sucinta.

No Capítulo 1 faz-se o enquadramento teórico e a revisão da literatura, para contextualizar a presente dissertação no estado da arte relativamente à avaliação de riscos em contexto laboral. Neste apresentam-se as diferentes noções de “barreira” e a sua importância na análise dos sistemas de segurança. Faz-se também uma alusão breve às “funções de segurança” e à sua relação com as “barreiras de segurança”. Apresenta-se a metodologia *Safety Function Analysis – SFA*, objecto deste trabalho, e também uma revisão dos métodos tradicionais de avaliação de risco, como complemento necessário para uma avaliação global de riscos.

O Capítulo 2 faz um enquadramento técnico e legislativo respeitante aos casos de estudo apresentados neste trabalho. Em relação aos Postos de Transformação de Energia Eléctrica, são apresentados os principais requisitos legais em vigor. Ainda neste capítulo, é apresentada e discutida a legislação respeitante às máquinas e aos equipamentos de trabalho. É a partir destes normativos legais que se identificam as *Funções de Segurança* de conteúdo legal.

A metodologia global desta dissertação é apresentada no Capítulo 3. Este descreve pormenorizadamente o método W. FINE, adaptado e usado habitualmente na Renova, e também o método aplicado neste trabalho: *Safety Function Analysis - SFA*. No SFA são descritas as seis diferentes etapas, sugeridas pelo autor, Harms-Ringdahl , nomeadamente: *Seleccionar os perigos; Identificar as Funções de Segurança nos perigos seleccionados; Estruturar e Classificar as Funções de Segurança; Estimar a Eficiência das Funções de Segurança; Avaliar as Funções de Segurança e Propor Melhorias*. Da avaliação de cada uma das funções de segurança identificadas surgirá uma medida preventiva, consoante esta for aceitável ou não.

No Capítulo 4, faz-se uma breve caracterização da empresa e do processo produtivo, bem como uma descrição detalhada de cada um dos casos de estudo onde o SFA vai incidir, ou seja, num *Posto de Transformação de Energia Eléctrica* e num *Sistema de Paletização Automática de Caixas de Cartão*.

O Capítulo 5 explica a aplicação do método SFA aos casos de estudo referidos no capítulo anterior. As diversas etapas do método são aplicadas passo-a-passo a duas funções de segurança específicas para servir de exemplo ilustrativo.

No Capítulo 6 apresentam-se os resultados globais obtidos pela aplicação do método SFA. Para o Posto de Transformação de Energia Eléctrica, foram identificados, no total, 59 FS, onde 21 correspondem ao perigo “*choque eléctrico em baixa tensão*”, 20 ao perigo “*choque eléctrico em média tensão*”, e 18 ao perigo “*Incêndio/explosão*”. Para os paletizadores identificaram-se, no total, 32 FS, onde 18 correspondem ao perigo “*contacto mecânico*” e 14 ao perigo “*choque eléctrico, incêndio, explosão*”.

Finalmente, o Capítulo 7, apresenta as conclusões mais relevantes do trabalho. Refere também as limitações e as vantagens do SFA.

## Capítulo 1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO - REVISÃO DA LITERATURA

---

### BARREIRAS DE SEGURANÇA/ANÁLISE DE SEGURANÇA

---

Com o decorrer dos tempos, e com a Revolução Industrial, o Homem teve necessidade de aumentar a produção de bens que deixaram de ser feitos artesanalmente para passarem a ser feitos por máquinas, originando novos perigos, para si, para o meio ambiente e para a propriedade, para os quais teve necessidade de implementar soluções para prevenir acidentes. Essas soluções passaram, e passam, por criar mecanismos (barreiras) físicos ou não, para prevenir o acidente e/ou proteger a pessoa, i.e., atenuar as possíveis consequências.

As barreiras podem então ser consideradas como sendo “obstáculos” que podem prevenir um determinado acontecimento perigoso, ou se ele ocorrer, protejam os indivíduos e/ou o ambiente, ou se não for possível proteger na totalidade, pelo menos minimizar os danos.

Hollnagel (2004) caracterizou o termo “Barreira” de diferentes maneiras: de *Prevenção* ou de *Protecção*, consoante estas actuam antes ou depois da acção acontecer, respectivamente. Outra classificação possível é a distinção entre *Activas* ou *Passivas*. As activas implicam realizar determinada função de segurança, enquanto as passivas não têm nenhuma acção definida, mas a sua simples presença, constitui a sua função. Segundo Duijm (2009; p.333), as barreiras activas “*incluem sempre uma sequência de Detecção - Diagnóstico - Acção*”. Hollnagel (2004) também as classificou de *Permanentes* ou *Temporárias*. As *Permanentes* são normalmente incluídas na fase de projecto, ou à posteriori, como resultado, por exemplo, de um acidente. As *Temporárias* utilizam-se normalmente em situações pontuais e temporárias, resultantes, por exemplo, de obras ocasionais.

O termo Barreira de Segurança (*Safety Barrier*), foi inicialmente usado por Gibson, em 1961, como resultado da aplicação do modelo das energias na investigação de acidentes, e mais tarde por Haddon, em 1980, no subsequente desenvolvimento desse modelo, quando apresentou as suas 10 estratégias para a prevenção de acidentes (c.f. Sklet, 2006).

Diferentes conceitos e terminologias relacionadas com o termo “barreira” têm sido sugeridos por outros autores. Por exemplo, Harms-Ringdahl (2003b; 2004) refere que uns autores utilizam o termo “barreira” para identificar aspectos organizacionais, e que outros utilizam termos, tais como: Função Barreira; Defesa ou Camada de Protecção.

Hollnangel afirma, em 1999, que em linguagem corrente, o termo *Barreira* é frequentemente sinónimo de *Função de barreira* (c.f. Sklet, 2006); para ser mais correcto deveria ser usado o termo *Função de Barreira* em vez de somente *Barreira*.

Hollnangel (2004) refere que Svenson faz uma distinção entre os termos **Função de Barreira** e **Sistemas de Barreiras**, que é:

*“Uma função de barreira representa uma função (e não um objecto) que pode parar a evolução do acidente por forma a que o acontecimento seguinte na cadeia não seja realizado, enquanto que o sistema de barreira está mantendo a função de barreira. Tais “sistemas” podem ser um operador; uma instrução; uma separação física, um sistema de controlo de emergências, e outros sistemas de segurança, componentes, e factores humano-organizacionais (Hollnangel, 2004, p. 82).*

Por outro lado, Sklet (2006) propõe algumas definições para *Barreiras de Segurança*, *Funções de Barreira* e *Sistemas de Barreira*, que a seguir se apresentam:

***Barreiras de Segurança*** são meios físicos e/ou não físicos planeados para prevenir, controlar, ou atenuar eventos indesejáveis ou acidentes (Sklet, 2006, p.496).

Os meios a que se refere a definição anterior podem ser simples unidades técnicas ou acções humanas ou sistemas complexos sócio-técnicos. O *prevenir* significa reduzir a probabilidade de um perigo existir, o *controlar* significa limitar a extensão e/ou a duração de um perigo, enquanto que *atenuar* significa reduzir os efeitos indesejáveis dos diversos perigos, tais como, por exemplo: falhas técnicas, erros humanos, eventos externos ou a combinação destes.

***Função de Barreira*** é uma função planeada para prevenir, controlar, ou atenuar eventos indesejáveis ou acidentes (Sklet, 2006, p.496).

A *função de barreira* descreve o objectivo das barreiras de segurança, ou seja, o que elas devem fazer para prevenir, controlar, ou atenuar. A *função* deve ser definida por um nome e um verbo, por exemplo, “abrir disjuntor” ou “parar robô”. Uma função de



barreira pode ter diversos sistemas de barreira para cumprir o seu objectivo, por exemplo: para prevenir a entrada de veículos numa rua, podemos utilizar Jerseys (ver figura 1.1) ou sinalização de trânsito proibido. Apesar de serem sistemas diferentes, e com eficiências diferentes, a função é a mesma.

***Sistema de Barreira** é um sistema que foi desenhado e implementado para desempenhar uma ou mais funções de barreira (Sklet, 2006, p.496).*

Um sistema de barreira descreve como uma determinada função de barreira é realizada ou executada. Um sistema de barreira pode consistir de diferentes tipos de elementos, físicos ou técnicos, actividades operacionais realizadas pelas pessoas, ou combinação de ambas. Existem diferentes maneiras de classificar os sistemas de barreiras, consoante os autores (e.g.: Hollnagel, 2004, 2008; Sklet, 2006; Duijm, 2009), um modo de os classificar é baseado na sua natureza, conforme sugerido por Hollnagel (2008).

- *Sistemas de Barreira Físicos* - estes sistemas impedem uma determinada acção de acontecer utilizando meios físicos. Exemplos de sistemas de barreira físicos são os edifícios, as paredes, as portas, os recipientes, etc. Estes sistemas têm normalmente limites de resistência físicas que podem ser quebrados, isto é, uma parede ou uma porta podem ser deitadas abaixo, ou um tanque que pode explodir, etc. A figura 1.1 dá-nos um exemplo da utilização de muros de cimento (Jerseys) como barreira física.



Figura 1.1 Utilização de Jerseys como barreira física

- *Sistemas de Barreira Funcionais* – estes actuam de modo a impedir que uma determinada acção seja realizada através de encravamentos lógicos ou temporais (ex: interruptores de segurança, passwords em sistemas, cadeados de segurança, etc.). Estas funções requerem que um ou mais pré-requisitos sejam activados

antes que uma determinada acção seja realizada. Estes pré-requisitos nem sempre necessitam de ser entendidos pelas pessoas, mas podem ser activados ou detectados por equipamentos tecnológicos, por exemplo, um dispositivo de segurança automático, como o mostrado na figura 1.2.

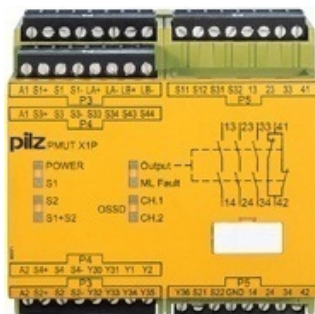


Figura 1.2 Relé Electrónico de monitorização

- *Sistemas de Barreira Simbólicas* – estes sistemas requerem compreensão e interpretação por parte das pessoas. Existem na forma de sinais e avisos de diversos tipos e podem ser usados individualmente ou combinados. São exemplos destes sistemas os avisos sonoros e visuais, instruções presentes no local, demarcações espaciais, etc. A figura 1.3 mostra exemplos de barreiras simbólicas.



Figura 1.3 - Exemplo de Barreiras Simbólicas

- *Sistemas de Barreira Incorpóreas* - estes sistemas não estão fisicamente presentes. Podem no entanto ser representados fisicamente através de livros ou manuais. Requerem essencialmente o conhecimento das pessoas de modo a atingir o seu objectivo. Exemplos destes sistemas são: regras, guias técnicos, restrições e leis. Na indústria, um exemplo são regras ditadas pela administração, como por exemplo, a proibição de fumar dentro das instalações.

Os sistemas atrás referidos têm, cada um deles, diferentes atributos de qualidade na sua acção. Hollnagel (2004), utiliza diversos critérios para avaliar essa qualidade:

Eficiência, Custo, Fiabilidade, Atraso na implementação, Aplicabilidade nas tarefas de

segurança, Disponibilidade, Avaliação e Dependência das pessoas. A tabela 1.1 mostra os atributos de qualidade de cada um dos sistemas. A escolha de um determinado sistema vai assentar num compromisso entre os diversos critérios.

Tabela 1.1- Avaliação da qualidade dos Sistemas de Barreiras (adaptado Hollnagel, 2004)

	Físicas	Funcionais	Simbólicas	Incorpóreas
Eficiência	Alta	Alta	Média	Baixa
Custos	Média-alta	Média-baixa	Média-baixa	Baixa
Fiabilidade	Média-alta	Média-alta	Média-baixa	Baixa
Atrazo na implementação	Longo	Médio-longo	Médio	Curto
Aplicabilidade nas tarefas de segurança	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
Disponibilidade	Alta	Baixa-alta	Alta	Incerta
Avaliação	Fácil	Difícil	Difícil	Difícil
Dependência das pessoas	Nada	Baixa	Alta	Alta

Outras definições análogas e igualmente recentes encontram-se no trabalho de Røed & Vinnem (2006 a,b), os quais definem o conceito de **Diagramas de Desempenho das Barreiras de Segurança**, como sendo uma nova ferramenta para a investigação de acidentes, dando uma visão sistemática e detalhada sobre a sequência do acidente, bem como o desempenho das Barreiras de Segurança. Definem também os conceitos de:

- **Factores Influenciadores do Risco** (*Risk influencing factors*): condições que influenciam o desempenho dos sistemas de barreiras (Røed & Vinnem, 2006 a, p. 63), como por exemplo a manutenção e a competência do trabalhador.
- **Elemento de Barreira** (*Barrier element*): Componente de um sistema de barreira que por si só não é suficiente para realizar uma função de segurança (Røed & Vinnem, 2006 a, p. 56). Por exemplo, um interruptor de segurança por si só não realiza uma função de segurança; é necessário estar integrado num sistema de segurança.

Como já referido, o conceito de barreira de segurança é antigo e data dos anos 1960s; no entanto, este tópico ganhou novo fôlego na viragem do milénio, especialmente a partir de 2002, devido a um grande projecto Europeu designado por ARAMIS<sup>1</sup>, que tem como centro de atenção a prevenção de acidentes industriais graves, no âmbito da Directiva SEVESO II (Directiva 2003/105/CE) (Delvosalle *et al*, 2003; Salvi & Debray, 2006). Ainda no âmbito desse projecto, Delvosalle *et al* (2006) e Dianous & Fiévez (2006), desenvolveram uma nova metodologia de avaliação de risco designada de MIMAH

<sup>1</sup> ARAMIS - Accidental Risk Assessment Methodology for Industries

(*Methodology for the Identification of Major Accident Hazards*), que combina os pontos fortes de diferentes metodologias actualmente em uso na Europa, nomeadamente integrando o chamado diagrama “bow-tie”, com a avaliação de barreiras. O diagrama “bow-tie” usa o conceito das barreiras de segurança na sua concepção. Desta forma, a sequência de um acidente pode ser interrompida, através da implementação de barreiras de segurança, sejam elas técnicas, humanas ou organizacionais. A figura 1.4 representa sucintamente um diagrama “bow-tie” com a identificação das barreiras de segurança

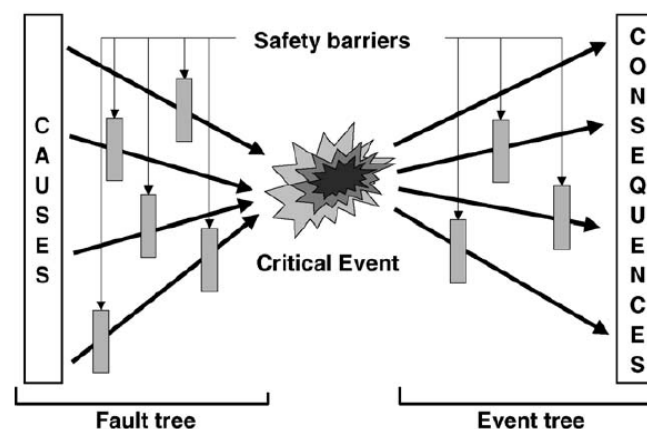


Figura 1.4 – Esquema representativo de um diagrama bow-tie (Dianous & Fiévez, 2006, p. 221)

Dianous e Fievez referem também que, consoante as diferentes tipologias das funções de segurança, as barreiras de segurança serão do tipo: *evitar, prevenir, controlar e atenuar* (Dianous & Fiévez, 2006).

Segundo Duijm (2009) tanto o “bow-tie”, como os diagramas de barreiras de segurança, têm vindo a ganhar grande popularidade nas novas metodologias de análise de risco e de gestão da segurança. Este autor chama a atenção para as vantagens dos diagramas de barreira, comparados com outros métodos de avaliação de riscos, nomeadamente a sua simplicidade de entendimento por não-especialistas. Faz também uma descrição do modo como se podem executar *diagramas de barreiras de segurança*.

As “barreiras de segurança” têm um significado cada vez mais abrangente e fazem parte de outros conceitos importantes na gestão da segurança, como por exemplo, “*Inherently safe design*” e “*Safe fail*”, ambos discutidos por Möller & Hansson (2008). Estes referem o conceito de “Safe fail” como sendo os princípios e os métodos usados para manter um sistema seguro mesmo que um componente ou sistema falhe. Um exemplo do princípio “Safe-fail” é o uso de diversas barreiras de segurança.

## FUNÇÕES DE SEGURANÇA

---

A terminologia usada para descrever as características de um sistema de segurança varia consideravelmente. A adotada neste trabalho baseia-se essencialmente no conceito de Funções de Segurança (FS), tal como definido por Harms-Ringdahl, que é o autor do método SFA. Na literatura, o termo Função de Segurança (FS) foi proposto por Harms-Ringdahl (2001, p.155) como:

*“Uma Função de Segurança é uma função técnica, organizacional ou uma combinação de ambas, que pode reduzir a probabilidade e/ou a consequência dos acidentes ou outros acontecimentos indesejáveis num sistema”*

A figura 1.5 ilustra o modelo e os seus componentes básicos.

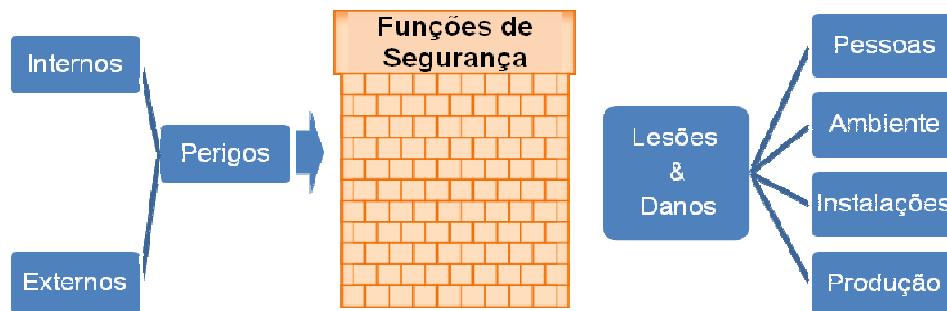


Figura 1.5 - Modelo Geral das Funções de Segurança (adaptado de Harms-Ringdahl (2001, p.156)

Função de Segurança é um conceito amplo e, em aplicações específicas, requer uma caracterização mais concreta. Em aplicações práticas e operacionais, qualquer FS pode ser descrita por um conjunto de parâmetros. Harms-Ringdahl (2003a, b; 2009) propõe os mais essenciais:

- Nível de abstracção;
- Nível do sistema;
- Tipo de Função de Segurança;
- Tipo de objecto.

O *Nível de abstracção* situa-se no nível mais baixo da solução concreta, ou seja, a aplicação de um relé de segurança, ou a colocação de uma tampa como protecção mecânica de correias. Por exemplo, aos níveis mais altos pode-se dizer que se deve possuir uma protecção das pessoas contra entalamentos. O *Nível de sistema* está

relacionado com a hierarquia onde está incluído o sistema. Um exemplo de uma divisão por hierarquias é referido por Harms-Ringdahl (2009): componentes; subsistemas, máquinas, departamentos e fábrica. O *Tipo de Função de Segurança* indica se a função é técnica, organizacional ou se representa uma intervenção humana. O *Tipo de Objecto* caracteriza o objecto, i.e., o sistema a ser protegido, que pode ser um sistema técnico, de software, uma sala de controlo, etc.

Uma FS pode ser descrita por um conjunto de atributos que caracterizam a sua contribuição na segurança. Essas características ou atributos são (Harms-Ringdahl, 2004):

- *Eficiência* – indica como a FS atinge melhor ou pior o seu objectivo, ou seja, funciona ou não. Por vezes, “probabilidade de sucesso” é um termo mais adequado
- *Importância* – traduz o papel relativo que a FS tem no sistema de segurança. Um exemplo, é avaliar os efeitos de uma falha da FS, ou seja, se a falha origina logo um acidente, ou se fica em estado de falha latente, ou aumenta a probabilidade de ocorrência de um acidente.
- *Robustez* – indica de certo modo a qualidade da FS, ou seja, a sua robustez ou a sua vulnerabilidade aos desvios, às interrupções de procedimentos, etc.

## SFA - SAFETY FUNCTION ANALYSIS

---

O método SFA - *Safety Function Analysis*, desenvolvido a partir de 2000 por Harms-Ringdahl, baseia-se no conceito de funções de segurança (FS) e tem como objectivo obter:

- ✚ Uma descrição estruturada dum sistema de funções de segurança;
- ✚ Uma avaliação das suas forças e das suas fraquezas;
- ✚ Propostas para melhorar as FS existentes e/ou introduzir novas.

Como referido, uma Função de Segurança (FS) é uma medida técnica, organizacional ou a combinação de ambas que pode reduzir a probabilidade e/ou as consequências de acidentes e outros acontecimentos não desejáveis num sistema.

Este método tem dois tipos de aplicação: um referente ao local de trabalho, e aos riscos associados, como ponto de partida; e o outro como investigação de acidentes, servindo

para tirar conclusões acerca das características das FS na origem de um acidente ou quase-acidente.

Neste trabalho a aplicação é do primeiro tipo, ou seja, corresponde a uma análise “à priori” do tipo de análise de risco.

O método SFA assenta em seis etapas principais (Harms-Ringdahl, 2004):

1. Seleccionar os perigos (o enfoque é geralmente dado aos mais críticos);
2. Identificar funções de segurança (FS);
3. Estruturar e classificar as FS;
4. Estimar a eficiência das FS;
5. Avaliar as FS;
6. Propor melhorias.

A análise fica concluída com a elaboração de um relatório.

Este é o método de base adoptado nesta dissertação e os detalhes de funcionamento do mesmo são apresentados no Capítulo 3 - “Metodologia”

## ANÁLISE DE RISCO (REVISÃO DE MÉTODOS)

---

Neste subcapítulo apresenta-se uma revisão e descrição sumária dos métodos mais frequentemente utilizados em análise e avaliação de riscos. A inserção deste tópico na revisão da literatura, justifica-se pelo enquadramento necessário a dar ao método SFA, nomeadamente:

- 1) O SFA insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, apesar de ser mais específico e utilizar uma filosofia diferente dos métodos tradicionais (a seguir resumidos);
- 2) Contrariamente aos métodos tradicionais, que focam a atenção no perigo e no risco, o SFA tem como principal objecto de análise o “estado da segurança” através da avaliação das funções de segurança (existentes ou em falta no sistema);
- 3) Por ter uma natureza mais especializada requer geralmente mais tempo e mais recursos do que um método tradicional de “espectro largo”. No caso do SFA o objecto de estudo centra-se especialmente no(s) perigo(os) considerado(s) mais

crítico(s).

Por esse motivo, pressupõe que esses perigos críticos já foram identificados (e avaliados) através da utilização de outro método mais expedito e de âmbito mais alargado, como os que se irão rever aqui.

O mundo em que vivemos está em constante mutação, mas dificilmente saberemos o quanto essas mudanças nos afectarão. Quando utilizamos a palavra risco, ela concentra tanto os efeitos das mudanças quanto a nossa dificuldade de as poder prever. Quanto melhor conseguirmos entender a dinâmica dos riscos, as suas consequências, os seus impactos e também as suas causas, mais capacidade teremos de os controlar.

Determinar o risco, saber avaliá-lo e principalmente saber geri-lo, leva-nos a tomar decisões cautelares apropriadas e, consequentemente, traduzir efeitos positivos.

O termo *risco* tem tido ao longo dos tempos diversas definições. A norma portuguesa NP 4397:2008 (§3.21) sugere o seguinte para a definição de risco.

*“Combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição(ões) perigosos e da gravidade de lesões ou afectações da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pela(s) exposição(ões)”*

Torna-se assim imperioso o estudo e a avaliação de riscos para a tomada de acções preventivas e correctivas de modo a evitar que ocorram acidentes nas organizações, tanto a nível pessoal, como das instalações e do meio ambiente.

Muitos têm sido os métodos propostos para realizar uma análise de risco, cujo objectivo é sempre identificar os perigos, estimar os riscos e propor medidas de segurança que contribuam para a sua eliminação ou redução. Para identificar os perigos existem os métodos reactivos (análise pós-acidente) ou métodos preditivos (análise pré-acidente). Alguns dos métodos são listados a seguir de uma forma não exaustiva.

- ✚ Investigação de Acidentes;
- ✚ Critical Incidence Techique (CIT)
- ✚ Incident recall Technique
- ✚ Árvore de falhas (Fault Tree Analysis -FTA)
- ✚ Análise de Segurança no Trabalho (Job Safety Analysis -JSA)



- ✚ Hazard and Operability Study (HAZOP)
- ✚ Árvore de falhas (Fault Tree Analysis -FTA)
- ✚ Método das Energias
- ✚ Método dos Desvios
- ✚ Método de W. FINE

Cada uma das técnicas anteriores tem os seus méritos e deméritos. A sua escolha dependerá do tipo de situação a analisar. Neste trabalho far-se-á somente uma breve descrição de algumas características de alguns dos métodos referidos.

## ANÁLISE DE SEGURANÇA NO TRABALHO- JSA

---

O método da *Análise de Segurança no Trabalho* (JSA – Job Safety Analysis), centra-se nas tarefas executadas por uma pessoa ou por um grupo de pessoas. É especialmente apropriado para situações em que as tarefas e a sua sequência estão muito bem definidas, e que podem ser divididas em subtarefas específicas. A análise consiste em identificar os diferentes perigos de cada subtarefa. Exemplos deste tipo de tarefas e subtarefas são as linhas de montagem em série.

Harms-Ringdahl (2001) apresenta uma descrição detalhada do método JSA, explicando a sua origem e citando outras fontes onde encontrar informação. Segundo ele, Grimaldi foi um dos primeiros autores, em 1947, a descrever este método, mais tarde também refenciado por McElroy em 1974, por Heinrich et al. em 1980 e por Suokas & Ruohiaien em 1984.

Este método é também designado na literatura por “Work Safety Analysis”. Foi o ponto de partida para variadíssimos outros métodos designados genericamente por “Task Analysis” (Jacinto, 2003).

O JSA assenta em quatro fases principais, além da fase de preparação e da fase de conclusão, que são:

1. *Decomposição de tarefa principal em subtarefas.*
2. *Identificação dos perigos* que existem em cada tarefa elementar. Para isso deve-se considerar: *o procedimento normal* de trabalho; as fases de *preparação e de conclusão* do trabalho (rotinas de arranque e fim); *actividades colaterais*, tais como obtenção de materiais ou a limpeza da linha; *correção de perturbações* à

actividade normal (afinação da máquina, por exemplo); *outras*: operações de manutenção, reparação ou inspecção do produto – se aplicável.

Não existe uma lista de verificação “standard”, dado que cada caso é um caso particular.

No entanto, os *perigos* podem ser identificados fazendo perguntas do tipo:

- Que problemas específicos podem ocorrer?
- Que tipo de ferimentos provocam?
- A tarefa é particularmente difícil, desconfortável, repetitiva?
- Existe trabalho nocturno ou por turnos?
- Pode ser executada de forma mais simples?
- A presença de outras pessoas (trabalho de equipa) pode causar interferências indesejáveis?
- A interacção com monitores, painéis de controlo e/ou equipamentos é difícil?
- A visibilidade dos instrumentos de leitura é adequada?
- A localização de botões de comando e instrumentos está a uma altura correcta?

3. *Avaliar os riscos* associados a cada perigo identificado anteriormente.

4. *Propor medidas de segurança concretas* para cada caso, com o objectivo de eliminar ou reduzir os riscos identificados. Exemplos típicos podem ser: alterar os métodos de trabalho – ou melhorar as instruções para que sejam mais explícitas; eliminar a tarefa de modo a simplificar o processo; modificar o equipamento (ex: aumentar grau de automatização, incorporar sistemas de segurança no próprio equipamento, substituir por outros mais visíveis, mudar o seu local); preparar um plano de acção para situações mais difíceis ou de emergência; dar formação ao operador; em última análise – recomendar EPI (Equipamento de Protecção Individual) para o operador.

## HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY STUDIES)

---

O Método **HAZOP** (*Hazard and Operability studies*) é especialmente aplicado na indústria química de processo. Baseia-se no quanto uma determinada acção é desviada da sua intenção original. Pode-se dizer que esta análise é semelhante à análise dos desvios. O **HAZOP** dá excelentes resultados quando aplicado na fase de projecto de

novas instalações e quando não estão previstas alterações significativas ao que estava inicialmente planeado, mas pode ser usado também em instalações existentes, por exemplo em grandes alterações de layouts ou equipamentos. Foi desenvolvido pela ICI *Petrochemicals Division* em 1963 no Reino Unido, mas a primeira publicação sobre o método é de Herbert G. Lawley, em 1974 (Jacinto, 2003).

Este método encontra-se descrito por Kletz (1999) e a sua base consiste em realizar “brainstormings” com equipas multidisciplinares, onde, com base em palavras-chave associadas a determinados parâmetros de processo (caudal, pressão, temperatura, nível, etc), se identificam os diversos tipos de desvios possíveis. Os resultados são apresentados em forma de tabela. As definições características numa análise HAZOP são (Kletz, 1999):

- **Intenção** – define como a instalação deve funcionar, sem desvios, nos locais em estudo. Pode ter diversas maneiras de representação, descritiva ou em diagramas; i.e., flowsheets, P&IDs (Process and Instrumentation Diagram), etc.;
- **Desvio** – são todos os desvios possíveis em relação ao planeado e que possam provocar danos; estes identificam-se aplicando as palavras-chave;
- **Causas** – são as razões porque ocorrem os desvios. Tanto podem ser de hardware, humanas, externas, de processo, etc.;
- **Consequências** – Resultado específico da ocorrência dos desvios;
- **Palavras-chave** – São palavras simples usadas como guia para qualificar e quantificar a intenção de modo a estimular o processo de brainstorming. As palavras-chave indicadas na tabela 1.2 são as mais utilizadas nesta metodologia.

Tabela 1.2 - Palavras-chave do HAZOP e seus significados - Kletz (1999)

Palavra-chave	Significado
Não/Nada	Nenhuma parte da intenção é conseguida. Nada acontece.
Menos	Redução Quantitativa. Uma variável a menos
Mais	Aumento Quantitativo. Além de ser conseguida a intenção, outra actividade aconteceu
Parte de	Redução Qualitativa.
Também/de igual forma	Aumento Qualitativo
Reverso	Direcção oposta à intenção
Outro/Diferente	Substituição completa, pois nenhuma parte da intenção é conseguida

## FTA (FAULT TREE ANALYSIS)

---

O método **FTA (Fault Tree Analysis)** é conhecido em português como “Árvore de Falhas”. Tanto pode ser usado para análise de um acidente já ocorrido (i.e. como técnica reactiva), como para análise de causas de um “acidente potencial” (i.e. como técnica preditiva). Consiste numa representação gráfica, em “árvore”, que evidencia as várias combinações lógicas das falhas de equipamento e/ou de erros humanos que resultam num acontecimento indesejável. O acontecimento indesejável que se pretende analisar é o “acontecimento de topo” representado na árvore. O método e a sua vertente probabilística, vem detalhadamente descritos no livro de Kumamoto & Henley (1996).

Foi a Bell Telephone Laboratories que iniciou o desenvolvimento do FTA, no início dos anos 1960, para a Força Aérea Americana. Mais tarde, as centrais nucleares e a Boing começaram a utilizar intensamente esta técnica, essencialmente na vertente da análise de risco (Jacinto, 2003).

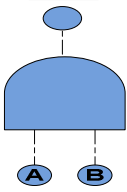
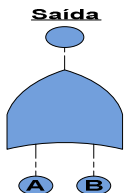
O desenvolvimento desta técnica parte da identificação do acontecimento indesejável, que em termos formais, representa a falha no sistema. Procede-se, então, à identificação exhaustiva das causas imediatas desse acontecimento, procurando, a cada passo, conhecer objectivamente as suas probabilidades de ocorrência. Este procedimento aplica-se novamente às causas anteriores até se chegar ao nível dos acontecimentos básicos que, como tal, não são passíveis de decomposição.

Os acontecimentos básicos descrevem as falhas dos elementos dos sistemas ou os acontecimentos externos ao sistema que interferem no seu funcionamento, designadamente erros humanos na operação e/ou falhas básicas em componentes técnicos.

Esta análise apoia-se na representação gráfica das relações entre os vários componentes através de operadores booleanos (de *Boole*) que ligam os chamados acontecimentos básicos. O diagrama lógico obtido é designado por “árvore de falhas”.

Os operadores lógicos mais usados nesta técnica são o **E** e o **OU**. A tabela 1.3 indica os símbolos “E” e “OU” e o seu respectivo significado.

Tabela 1.3 - Simbologia do FTA

Símbolo	Porta Lógica	Significado
	E	O acontecimento de topo (saída) verifica-se quando A e B acontecem simultaneamente.
	OU	O acontecimento de topo (saída) verifica-se sempre que um qualquer dos acontecimentos A ou B se verificam.

A figura 1.6 mostra um exemplo-tipo de uma árvore de falhas.

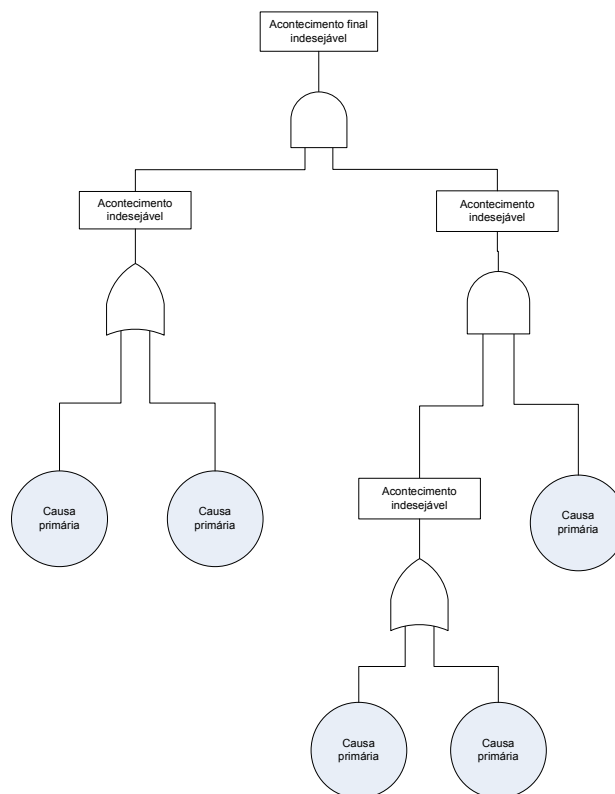


Figura 1.6 - Exemplo-tipo de uma árvore de falhas

## MÉTODO DAS ENERGIAS

---

O *Método das Energias*, tem como princípio que o “dano” é provocado por uma transferência de energia (potencial, cinética, térmica, eléctrica, etc.) de um sistema de trabalho para a pessoa que se encontra exposta a essa energia. Se a energia transferida for superior ao suportado pelo organismo humano, então estamos na presença de um perigo.

O método foi desenvolvido por J. Gibson em 1961 e por W. Haddon em 1963 (citado por Harms-Ringdahl, 2001). Após novos desenvolvimentos durante a década de 70, é um dos métodos mais utilizados em diversas actividades industriais. Tem como principais vantagens ser de fácil aplicação e permitir uma identificação sistemática de “*barreiras de energia*” para efeitos de prevenção e protecção. É geralmente considerado um bom ponto de partida para avaliação de riscos, mas deve ser complementado com outros métodos para garantir uma boa cobertura dos riscos. Na tabela 1.4 indicam-se alguns exemplos de formas de energia em ambientes industriais.

Tabela 1.4 - Exemplos de formas de energia (Harms-Ringdahl, 2001)

Energia	Exemplos
<b>Potencial</b>	Pessoas e/ou objectos em altura; elevação e/ou manuseamento de cargas; quedas de estruturas.
<b>Cinética</b>	Rotação; veículos em movimento; objectos e/ou pessoas em movimento; vibrações; objectos ou partículas projectadas; partes móveis de máquinas.
<b>Eléctrica</b>	Corrente eléctrica; campos magnéticos; electricidade estática; postos de transformação; geradores; baterias.
<b>Térmica</b>	Objectos e superfícies frias ou quentes; Substâncias líquidas ou fundidas; gás ou vapor (caldeiras); reacções químicas;
<b>Radiações</b>	Radiações electromagnéticas ionizantes; acústicas (ruído, ultrasonicas); luminosas (fraca quantidade e qualidade, ultravioleta e infravermelhos, lasers).
<b>Perigos diversos</b>	Movimentos humanos; superfícies aguçadas e/ou cortantes; lugares perigosos (espaços confinados, difícil entrada ou saída, escavações ou valas, condutas, esgotos).

Uma parte essencial do modelo das energias é o conceito de Barreiras. Estas devem actuar sobre a energia que pode chegar até às pessoas e causar danos.

A aplicação deste método integra quatro fases principais, além das fases de preparação e conclusão. A figura 1.7 ilustra a sequência das etapas neste método.

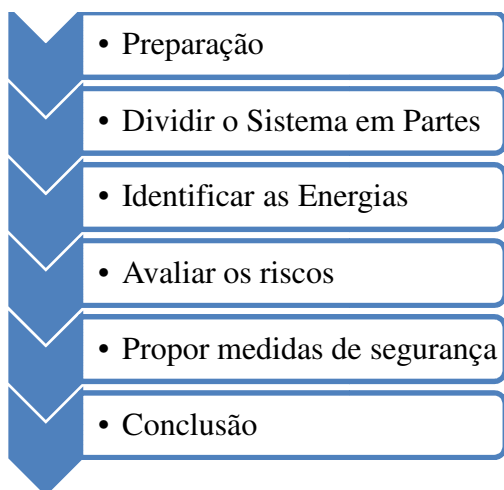


Figura 1.7 - Etapas principais no método das Energias

As diferentes partes em que o sistema foi dividido, serão analisadas posteriormente uma a uma. Esta divisão faz-se de acordo com o “layout” da instalação a estudar. Depois desta fase, serão identificadas as diferentes fontes ou armazenagem de energia existentes em cada parte.

Uma vez identificadas todas as formas de energia, a avaliação do nível de risco pode ser feita, por exemplo, usando a matriz de graduação de risco – BS8800:2004, conforme mostra a tabela 1.5. No entanto outros modos de avaliar podem ser usados. Nesta fase também é essencial identificar a presença e a eficiência de “barreiras”.

Tabela 1.5 - Forma simplificada para estimar o risco (BS8800:2004, tradução Jacinto, 2006)

Possibilidade de ocorrer o dano	Gravidade do Dano		
	Ligeiro	Moderado	Extremo/Elevado
Muito improvável (raro)	Risco muito baixo	Risco muito baixo	Risco elevado
Pouco provável	Risco muito baixo	Risco médio	Risco muito elevado
Provável/possível	Risco baixo	Risco elevado	Risco muito elevado
Muito provável	Risco baixo	Risco muito elevado	Risco muito elevado

Depois de estimado o risco para cada forma de energia, segue-se a fase da proposta de medidas de segurança concretas para cada caso, tendo sempre como princípio a seguinte ordem:

- 1º - Eliminar a fonte de energia
- 2º - Reduzir a quantidade da energia,
- 3º - Separar as pessoas do fluxo de energia,
- 4º - Proteger as pessoas (recorrendo por exemplo ao uso de EPI).

## MÉTODO DOS DESVIOS

---

O *Método dos Desvios*, tem como princípio um “desvio” de qualquer coisa do planeado ou do normal, por exemplo: funções técnicas em equipamentos, procedimentos de trabalho, instruções escritas ou mesmo orais, etc. Estes desvios podem originar produtos defeituosos, paragens de máquinas ou acidentes. Do ponto de vista da segurança ocupacional, o “desvio” constitui o “perigo” ou “acontecimento perigoso” que se pretende identificar.

A abordagem dos “desvios” foi originalmente desenvolvida para análise de acidentes de trabalho, por Urban Kjellén, no final dos anos 70, sendo mais tarde, durante a década de 80, adaptada para a análise e avaliação de riscos em sistemas de produção, por Harms-Ringdahl (2001). Em termos de procedimento, o método consta das seguintes etapas, como mostra a figura 1.8.



Figura 1.8 - Etapas principais no método das Energias (Adaptado Ringdahl, 2001)



Na *Identificação dos desvios*, levam-se em conta os mais críticos que tenham impacto tanto na segurança como na produção. Estes são classificados em três grandes grupos fundamentais: *funções técnicas, funções humanas e funções organizacionais*. A identificação dos desvios é feita para cada actividade ou processo produtivo, baseando-se neste método em “listas de verificação” (ou checklists) próprias para o efeito.

*Avaliar os desvios* identificados na etapa anterior tem como objectivo verificar se o sistema é aceitável ou não, e também distinguir entre riscos importantes ou menos importantes. Esta avaliação pode ser realizada de diversas maneiras, pois este método não refere qual o tipo de avaliação a ser feita (Harms-Ringdahl, 2001). Depois de avaliar os desvios, o passo seguinte é *propor medidas de segurança* concretas para os casos mais importantes tendo em conta a seguinte ordem de prioridades:

**1º Eliminar** a possibilidade de ocorrência do desvio, mudando a actividade ou componente, etc.;

**2º Reduzir** a possibilidade de ocorrência do desvio, melhorando a manutenção, escolhendo componentes mais fiáveis, melhor formação, etc.;

**3º Reduzir as consequências** se o desvio acontecer, melhorando, por exemplo encravamentos, ou dando a possibilidade ao operador de reiniciar a operação se cometeu um engano na sequência, etc.;

**4º Plano de acção/contingência** ao desvio, i.e., o operador deve saber identificar o desvio o mais cedo possível e deve saber actuar nessa circunstância.

## MÉTODO W. FINE (MÉTODO SIMPLIFICADO)

---

O Método Simplificado de W. **FINE** (c.f. Veiga, Dashofer, 2006) é um método muito utilizado na avaliação de riscos. *Este é o utilizado na Renova quando esta faz avaliação de riscos.*

O método propõe a estimativa de cada risco com base em três factores determinantes de perigosidade: o nível de probabilidade, o nível de consequência e o nível de risco resultante. O nível de probabilidade resulta ainda do produto de dois factores: o nível de deficiência e o nível de exposição.

- ✚ O Nível de Deficiência (ND) corresponde aos desvios existentes na correcta execução da determinada tarefa.
- ✚ O Nível de Exposição (NE) indica o tempo a que um trabalhador está exposto ao perigo.
- ✚ O Nível de Probabilidade (NP) corresponde à probabilidade do acidente acontecer quando se está exposto ao risco. Este factor resulta do produto do Nível de Deficiência com o Nível de Exposição.
- ✚ O Nível de Consequência (NC) representa uma escala de gravidade no caso do acidente ocorrer.
- ✚ O Nível de Risco (NR) é dado pelo produto do NP com o NC.

Cada um dos factores referidos corresponde a um valor numérico (escala) que, através do recurso a tabelas pré-definidas, permitem uma avaliação simplificada. Uma vez o perigo identificado e estimada a magnitude das suas consequências ou danos, faz-se uma breve avaliação para cada um dos riscos.

A avaliação do Nível de Risco de cada actividade permite estabelecer uma lista segundo uma ordem de importância e, portanto, estabelecer objectivamente as prioridades para a correcção dos riscos detectados.

Este método será mais desenvolvido no Capítulo 3 – Metodologia, porque, além de ser o método utilizado na avaliação de riscos na Renova, serviu de base para escolher os perigos mais significativos para o estudo proposto neste trabalho.

## SINTESE DO CAPÍTULO

---

Ao longo dos tempos tem vindo a observar-se uma preocupação crescente na prevenção dos acidentes ocupacionais. Esta prevenção é cada vez mais relevante na fase de projecto e concepção, onde os perigos inerentes a uma determinada actividade são identificados, avaliados e tomadas as devidas acções, se necessário.

Muitos são os métodos usados para a identificação e avaliação dos perigos; uns mais abrangentes e outros mais específicos. Neste capítulo fez-se uma breve revisão aos métodos normalmente utilizados para esse efeito. Foi também discutido com especial atenção o conceito de “Barreira de Segurança”, e suas diferentes classificações, comumente referida em diversas metodologias de análise de risco. As barreiras de

segurança, sejam elas técnicas, organizacionais ou mistas, são o modo como as funções de segurança são executadas.

A metodologia SFA (Safety Function Analysis), de análise de risco, objecto de desta dissertação, baseia-se essencialmente na análise das funções de segurança. Promove uma análise de riscos, mas fá-lo de uma maneira mais específica, uma vez que a identificação das FS é realizada aos perigos mais relevantes já evidenciados noutros métodos mais tradicionais. A SFA tem a particularidade de analisar o estado de segurança de um sistema, em vez de “olhar” para o perigo/risco. É quase como um “espelho” que analisa o risco sob outra perspectiva: a perspectiva da segurança necessária.

## Capítulo 2. ENQUADRAMENTO TÉCNICO E LEGISLATIVO

---

### SEGURANÇA ELÉCTRICA – POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

---

A energia eléctrica utilizada nas instalações domésticas ou industriais tem níveis de tensão na ordem dos 230VAC, se for monofásica, ou 400 VAC se for trifásica. A energia eléctrica é gerada nas centrais eléctricas, sejam elas hidroeléctricas, termoeléctricas, de biomassa, etc. O nível de tensão gerado nestas centrais, e posteriormente o seu transporte e distribuição, é superior ao utilizado nos consumidores finais. Para realizar a transição entre os diversos níveis de tensão empregam-se instalações transformadoras, entre as quais se encontram os *Postos de Transformação*, que têm por missão baixar o nível de tensão a um nível compatível com a alimentação directa dos receptores de energia eléctrica.

O contacto do corpo humano com a corrente eléctrica, e consequentemente a passagem de corrente através dele, pode interferir com alguns processos fisiológicos, que vão desde uma simples percepção até à morte. O termo usual para este contacto é o “choque eléctrico”, que passa a designar-se por “electrocussão” em caso de acidente mortal. O choque é tanto mais violento quanto maior for o nível de tensão a que o corpo humano fica sujeito e maior for o tempo de exposição ao mesmo. Existem outros factores que influenciam a gravidade do choque, nomeadamente: o nível de isolamento do corpo humano (seco ou molhado) e o tipo de local onde ocorre o choque (seco ou molhado). A protecção contra os choques eléctricos deve ser garantida pela aplicação de medidas apropriadas. Estas medidas destinam-se a garantir a segurança de pessoas, de animais e a conservação dos bens contra os perigos e os danos que possam resultar da utilização das instalações eléctricas. Dizem respeito essencialmente à protecção contra os choques eléctricos e à limitação dos aquecimentos (efeito de Joule) para evitar queimaduras, riscos de incêndios ou outros efeitos perigosos.

Com a finalidade de garantir uma perfeita segurança de exploração e da vida humana, publicou o governo da nação o Decreto nº 42895, de 31 de Março de 1960 -

**Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (RSSPTS)**, cujo objectivo foi fixar as condições técnicas a que devem

obedecer o estabelecimento e a exploração das subestações e postos de transformação e de seccionamento, com vista à protecção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses colectivos.

O referido regulamento, ainda em vigor, indica algumas definições, das quais destacaremos as seguintes:

**Subestação (art.º 5)** – *“Instalação de alta tensão destinada a algum ou alguns dos fins seguintes:*

- a) Transformação de corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando o secundário de um ou mais desses transformadores se destine a alimentar postos de transformação ou outras subestações;*
- b) Transformação da corrente por rectificadores, onduladores, conversores ou máquinas conjugadas;*
- c) Compensação do factor de potência por compensadores síncronos ou condensadores.”*

**Posto de Transformação (art.º 6)** – *“Instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada directamente nos receptores, podendo incluir condensadores para compensação do factor de potência.”*

Do exposto ressalta que o elemento essencial dum posto de transformação é um ou mais transformadores estáticos. Além destes, uma subestação e/ou um posto de transformação dispõem de um conjunto de componentes acessórios destinados a assegurar os meios de corte, seccionamento, protecção, medida e contagem de energia, além, evidentemente, de um quadro geral de baixa tensão, de onde partem os diversos ramais da rede de baixa tensão.

Como dispositivos de corte, seccionamento e protecção realçam-se os seccionadores e os disjuntores, cujas definições são as seguintes:

**Seccionador (art.º 14)** – *“Aparelho destinado a interromper ou estabelecer a continuidade de um condutor ou isolá-lo de outros condutores e que, sem poder de corte garantido, não deve ser manobrado em carga. Quando utilizado para garantir a*

*segurança das pessoas, a separação dos contactos deve ser visível e facilmente verificável do local de manobra ou outro.”*

**Disjuntor (art.º 13)** – *“Interruptor no qual a abertura do circuito se faz automaticamente em condições pré-determinadas.”*

Para assegurar as condições para a conveniente exploração da instalação e para a segurança dos operadores, nomeadamente, quando são realizadas tarefas de conservação e/ou reparação, um posto de transformação tem de ser provido de aparelhagem de corte, tanto no lado da entrada como no lado da saída.

No que se refere à Saída, essa aparelhagem concentra-se no quadro de distribuição cuja constituição é determinada pelos circuitos a alimentar pelo posto e pelas características desses circuitos.

No que se refere à Entrada, é imposta a presença de um seccionador (**art.º 38**), conforme figura 2.1, que permite isolar a instalação da rede alimentadora proporcionando um corte visível dos contactos e verificável do local de manobra, ou outro, de modo a garantir a segurança de pessoas.

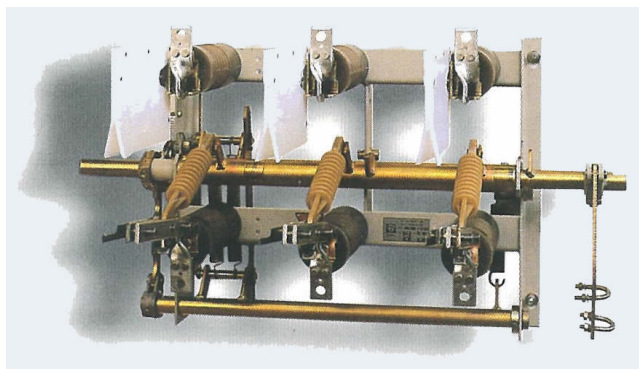


Figura 2.1 - Seccionador (site Efacec)

Ainda no lado da entrada é necessário também instalar um interruptor geral que permita desligar, em condições de segurança, o posto em carga; existem duas alternativas: uma recorrendo à utilização de um disjuntor que pode ser de pequeno volume de óleo, de Hexaflureto de enxofre (SF6) ou de vácuo. A figura 2.2 ilustra-nos um disjuntor de SF6. A outra solução é a instalação de interruptores-seccionadores.



Figura 2.2 - Disjuntor de Hexaflureto de Enxofre (SF6) (site Efacec)

Para a protecção de uma instalação eléctrica parte-se da previsão dos tipos de avaria que se poderão vir a verificar na exploração da mesma e utilizam-se dispositivos que interrompam automaticamente os circuitos.

Nos circuitos de entrada e alimentação dos transformadores dos Postos de Transformação deverá dispor-se, pelo menos, de uma protecção contra curto-circuitos que frequentemente se complementa com uma protecção contra-sobrecargas. Com o objectivo de realizar uma protecção contra curto-circuitos, podem utilizar-se tanto fusíveis - instalados em interruptor-seccionador-fusível, ou disjuntores. No caso de disjuntores para realizar esta protecção terá de se utilizar relés de máximo intensidade que lhe estão associados. Estes relés devem dispor de regulação de tempo e de intensidade e possuir uma característica mista proporcionando um disparo instantâneo para correntes de intensidade muito elevada afim de atender correctamente às situações de curto-circuito.

## INSTALAÇÕES – DISPOSIÇÕES GERAIS

---

Nas instalações dos PT e Subestações devem de obedecer aos seguintes critérios regulamentares:

- Nas instalações interiores a existência de peças nuas em alta tensão só serão permitidas se estas estiverem a uma altura mínima de 220 cm + 1cm/KV da tensão de serviço (**art.º 73**).

- Nas instalações exteriores, quando qualquer dos dispositivos que as constitua e em que seja perigoso tocar, diste do solo menos de 6m, deverá existir, em redor delas, uma vedação, com altura mínima de 1,8 m, intransponível sem ajuda de meios especiais e munidas de portas fechando à chave (**art.º 79**).
- Todas as instalações devem ser inacessíveis sem meio especiais ou somente acessíveis a pessoal devidamente instruído para o serviço, ou na sua presença.
- As portas de acesso aos PT e às subestações deverão ser metálicas e com fechadura. Estas deverão abrir para fora, sempre que possível.
- Deverá estar afixada, em locais bem visíveis do exterior, uma ou mais placas identificadoras como mostra a figura 2.3, nunca inferior a 12×20 cm.



Figura 2.3 - Símbolo de Perigo de Morte

- A iluminação dos locais deverá ser suficiente para permitir as operações de exploração e a leitura dos aparelhos de medida ou verificação.
- A iluminação no interior dos PT deverá colocada de tal modo que, em caso que manutenção e/ou substituição de lâmpadas, esta seja feita sem interrupção da exploração e sem risco (**art.º 41**).
- As instalações devem possuir iluminação de recurso de modo a que quando falta a iluminação principal, permita circular sem perigo e proceder às manobra e reparações de emergência necessárias (**art.º 42**)

## INSTALAÇÕES - PROTECÇÕES

---

- As peças nuas sob média ou alta tensão não poderão ser acessíveis sem meios especiais (**art.º 49**).
- Nas instalações interiores as peças nuas em média ou alta tensão só serão permitidas se estiverem a uma altura acima do pavimento de 220 cm + 1 cm por KV, com um mínimo de 250 cm.



- As manobras de órgãos sob média ou alta tensão deverão ser feitas do exterior das celas, e sem que se torne necessário abrir as portas, recorrendo a comandos mecânicos (**art.º 50**).
- Todas as estruturas metálicas (suportes, ferragens, portas metálicas, cuba dos transformadores, etc.) deverão estar ligadas à terra de protecção.
- As portas das celas, de chapa ou de rede, devem ter no mínimo 160 cm acima do solo e devem ser de correr ou de abrir, para fora.
- O pavimento por baixo de qualquer transformador com mais de 200 Kg de óleo deve possuir uma tina para recolha de óleo que o encaminhe para o exterior da cela para uma fossa de dimensões suficientes, de modo a evitar derrame de óleo para a instalação e a diminuir os riscos de incêndio.

## INSTALAÇÕES - EXPLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO

---

As instalações devem ser sujeitas a inspecções periódicas (**art.º 102**) com o fim de verificar se permanecem em boas condições de exploração. As verificações mais recomendadas são:

- Medição da resistência de isolamento do conjunto da instalação;
- Ensaio físico-químicos aos óleos dos transformadores;
- Ensaio dos relés de protecção e dos dispositivos de alarme;
- Verificação dos circuitos de terra, uma vez por ano;
- Verificação do bom estado de conservação dos dispositivos de manobra (varas de manobra, estrados e tapetes isolantes, luvas isolantes, etc.)
- Verificação da eficácia do sistema de iluminação de emergência.
- Lubrificação dos órgãos móveis em harmonia com os fabricantes;

A limpeza das instalações deverá efectuar-se com a frequência necessária para impedir a acumulação de poeiras e sujidades, especialmente sobre os isoladores e aparelhos.

Quaisquer trabalhos de limpeza, conservação e reparação só poderão ser executados por pessoal especialmente encarregado e conhecedor desses serviços ou por pessoal trabalhando sob sua direcção.” (**art.º 103**).

Para verificar a existência de eventuais pontos quentes, resultantes de deficientes contactos entre partes metálicas, devem-se também realizar inspecções termográficas a todas as ligações eléctricas existentes.

Os referidos trabalhos de limpeza só deverão ser realizados sem tensão, assegurando-se que a instalação está seccionada. Deve-se também garantir que, em caso de a instalação ser inadvertidamente posta em tensão, ninguém fique exposto a órgãos em tensão. Para isso deve-se efectuar-se um curto-circuito entre as partes activas a terra a montante da eventual chegada de energia.

Deve-se também colocar nos seccionadores e/ou interruptores letreiros avisando da realização de trabalhos e que deverão conservar-se no local até finalização dos trabalhos.

Na exploração, qualquer manobra de órgãos de média ou alta tensão, o operador deverá usar luvas isolantes e colocar-se sobre um tapete ou estrado isolante, para as tensões nominais.

Estas inspecções periódicas devem ser levadas a cabo pelo técnico responsável pela exploração, conforme o disposto no artigo 20 do decreto-lei nº 517/80 de 31 de Outubro.

## INSTRUÇÕES DE PRIMEIROS SOCORROS

---

A Portaria 37/70, de 17 de Janeiro, aprova as instruções para primeiros socorros em acidentes pessoais produzidos por correntes eléctricas, tendo em atenção a evolução dos métodos de respiração artificial, em especial no que se refere ao da insuflação boca a boca. Estas instruções estão devidamente indicadas no modelo oficial com o nº 488 da Imprensa Nacional com o nº 488. Estas devem ser afixadas nas instalações sempre que os regulamentos de segurança o exijam.

## SEGURANÇA DE MÁQUINAS - LEGISLAÇÃO

---

Neste subcapítulo pretende-se fazer um breve resumo sobre a legislação em vigor sobre segurança de máquinas e equipamentos de trabalho, traçando o seu historial tanto a nível comunitário como nacional. Do conjunto regulamentar que se encontra em vigor devem salientar-se a Directiva 89/655 “Equipamentos de Trabalho” e a Directiva 98/37

“Directiva Máquinas”, transpostas, respectivamente, pelos actuais Decreto-Lei 50/2005 e Decreto-Lei 320/2001<sup>2</sup>.

Desde o século XIX que o aumento de produção e a redução de custos fez com que a economia crescesse, originando a criação de inúmeros postos de trabalho. Estes eram bastante diversificados quanto aos ritmos de trabalho, qualidade do ar, peças mecânicas em movimento constante ou alternativo, etc. Os seus impactos na saúde e segurança dos trabalhadores foram elevados, por vezes à custa de sofrimento humano e problemas sociais. Ora, argumentos humanitários, políticos e económicos levaram à criação, em 1919, da OIT (Organização Internacional do Trabalho), através do Tratado de Versalhes. Esta organização teve como função primordial a elaboração de normas internacionais do trabalho e à garantia da sua aplicação. Estas normas foram tendo impacto imediato sobre as legislações nacionais de cada país ou, pelo contrário, careceram de transposição de seu conteúdo para a legislação nacional, antes da sua entrada em vigor.

Em Portugal, as preocupações de saúde e segurança dos trabalhadores remontam a 1891, tendo sido criada a Inspecção das Condições de Trabalho, através dos Decretos de 14 de Abril de 1891 e 16 de Março de 1893 (Gomes, 2008). Estes decretos regulamentam os trabalhos dos menores e das mulheres nos estabelecimentos industriais, onde revelavam já evidentes os propósitos de protecção legal do trabalhador. Dois anos mais tarde, em 1895, surge, para o sector da construção e das obras públicas, a primeira lei específica sobre higiene e segurança no trabalho (Decreto de 6 de Junho).

Outras leis sobre segurança foram entretanto surgindo com aplicabilidade em sectores de actividade distintos, que foram entretanto revogados ou extintos, sobrevivendo unicamente os diplomas: o “Regulamento de segurança no trabalho nas obras de construção civil” e o “Regulamento geral de segurança e higiene do trabalho nos estabelecimentos industriais”. Posteriormente em 1985 e 1986 foram publicados, respectivamente, o Decreto-Lei nº 85/85, de 15 de Janeiro, e Decreto-Lei 243/86 de 20 de Agosto, que são, respectivamente, o “Regulamento geral de segurança e higiene no trabalho nas minas e pedreiras” e o “Regulamento geral de segurança e higiene no trabalho nos estabelecimentos comerciais de escritórios e serviços”.

---

<sup>2</sup> Este decreto será substituído pelo DL 103/2008, que entra em vigor em 29 de Dezembro de 2009.

Com a adesão de Portugal à CEE (actual União Europeia), a 1 de Janeiro de 1986, e após a publicação da Directiva 89/391/CEE, de 12 de Junho, dá-se um passo determinante em matéria de segurança e saúde do trabalho, com a promulgação da chamada Lei-Quadro (DL 441/91, de 14 de Novembro). Este novo regime jurídico resulta da transposição da Directiva 89/391/CEE, relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho. Este decreto tem também como princípios gerais, a prevenção de riscos profissionais que deve ser desenvolvida segundo princípios, normas e programas que visem, nomeadamente: “ *A definição das condições técnicas a que devem obedecer a concepção, a fabricação, a importação, a venda, a cedência, a instalação, a utilização e as transformações dos componentes materiais do trabalho em função da natureza e grau de riscos e, ainda, as obrigações das pessoas por tal responsáveis*” (DL 441/91, de 14.11, §4.3).

O Decreto-Lei 441/91, de 14 de Novembro, refere-se, no nº2 do seu artigo 23º, à regulamentação derivada da transposição para o direito interno das directivas comunitárias. Nestes termos, em 25 de Setembro de 1993, foi transporto para o direito interno a Directiva nº 89/655/CEE, de 30 de Novembro de 1989, através do Decreto-Lei 331/93. Este refere as condições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho.

Entretanto, a Directiva n.º 95/63/CE, do Conselho, de 5 de Dezembro de 1995, alterou a referida regulamentação comunitária. Determinou-se a verificação obrigatória dos equipamentos de trabalho no início da sua utilização, a intervalos regulares e quando ocorrerem factos excepcionais que possam afectar gravosamente a sua segurança. Foram regulamentados os requisitos mínimos de segurança de alguns equipamentos de trabalho, designadamente equipamentos móveis e para elevação de cargas, e foram, ainda, definidas regras sobre a utilização dos equipamentos de trabalho. Nestas condições, foi necessário transpor para a ordem jurídica interna a nova regulamentação comunitária, alterando em conformidade o Decreto-Lei n.º 331/93, de 25 de Setembro. As modificações impostas pela nova regulamentação comunitária foram muito extensas, o que justificou a adopção de um novo diploma contendo essas modificações. Foi então publicado o Decreto-Lei nº 82/99, de 16 de Março.

Entretanto a Directiva nº 2001/45/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho, alterou pela segunda vez a Directiva nº 89/655/CEE, regulamentando a utilização de equipamentos destinados à execução de trabalhos em altura. A transposição desta nova directiva para a ordem jurídica interna foi novamente substituída, integralmente, pelo actual Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de Fevereiro, cujos pontos mais relevantes para o âmbito deste trabalho serão discutidos a seguir.

#### DECRETO-LEI N.º 50/2005, DE 25 DE FEVEREIRO

---

O Decreto-Lei n.º 50/2005 de 25 de Fevereiro, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 89/655/CEE, de 30 de Novembro, alterada pela Directiva 95/63/CE, de 5 de Dezembro, e pela Directiva 2001/45/CE, de 27 de Junho. Esta directiva estabelece as exigências mínimas de segurança e saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho, pretendendo não só adequar os equipamentos de trabalho anteriores a 1995 aos requisitos mínimos de segurança definidos, mas também inspeccionar periodicamente esses mesmos equipamentos. Esta inspecção periódica é também válida para equipamentos de trabalho com marcação CE.

Este decreto, e no capítulo I (Disposições gerais), refere que a entidade empregadora deve assegurar que os equipamentos de trabalho são adequados ou convenientemente adaptados ao trabalho a efectuar e garantem a segurança e a saúde dos trabalhadores durante a sua utilização (**art.º 3.a**), e devem “atender, na escolha dos equipamentos de trabalho, às condições e características específicas do trabalho, aos riscos existentes para a segurança e saúde dos trabalhadores, bem como aos novos riscos resultantes da sua utilização (**art.º 3.b**)”.

Refere ainda que o empregador deve realizar verificações iniciais, periódicas e extraordinárias aos equipamentos de trabalho. (**art.º 6**), sempre que proceda à instalação de um novo equipamento ou que um determinado equipamento se transfira para outro local. As verificações periódicas devem ser realizadas a equipamentos que possam sofrer alterações de funcionamento, por avaria e/ou velhice, e que possam causar riscos. Também se devem fazer verificações extraordinárias sempre que ocorrerem acidentes ou transformações nos equipamentos. O resultado destas verificações deve constar num relatório a elaborar, indicando um prazo para reparar as deficiências detectadas, se necessário.

O empregador deve também de informar os trabalhadores sobre os equipamentos de trabalhos utilizados (**art.º 8**), nomeadamente sobre: condições de utilização de equipamentos; situações anómalas de funcionamento; experiências adquiridas no decorrer da utilização dos equipamentos (por exº: avarias, acidentes, etc.) e riscos a que estes estão sujeitos.

No capítulo II, secção II, são indicados os requisitos mínimos gerais aplicáveis a equipamentos de trabalho. Entre eles estão incluídos<sup>3</sup>:

- *Sistemas de comando (art.º 11)* – devem estar claramente visíveis, identificados e ter marcação própria;
- *Arranque de equipamento (art.º 12)* – Deve ser necessária uma acção voluntária sobre um comando para colocar os equipamentos a funcionar, após uma paragem de qualquer origem (paragem normal ou de emergência);
- *Paragem do equipamento (art.º 13)* – Os equipamentos devem ter comandos de paragem normal e de emergência, que pare uma parte ou totalmente o equipamento de trabalho. A ordem de paragem deve ter prioridade sobre as ordens de arranque. A alimentação de energia dos accionadores do equipamento de trabalho deve ser interrompida sempre que se verifique a paragem do mesmo ou dos seus elementos perigosos;
- *Estabilidade e rotura (art.º 14)* – Os equipamentos de trabalho devem ser estabilizados e fixados;
- *Projecções e emanações (art.º 15)* – Os equipamentos que possam ser passíveis de quedas ou emanações de objectos devem dispor de dispositivos de segurança adequados;
- *Riscos de contacto mecânico (art.º 16)* – Os elementos móveis devem dispor de protectores que impeçam o acesso às zonas perigosas ou de dispositivos que interrompam os elementos móveis antes do acesso a essas zonas, instalados a uma distância suficiente da zona perigosa;
- *Iluminação e temperatura (art.º 17)* – Os equipamentos devem estar convenientemente iluminados em função do trabalho a realizar e devem estar protegidos contra contacto com superfícies com temperaturas elevadas ou baixas;

---

<sup>3</sup> A leitura destes pontos não dispensa a leitura integral do respectivo decreto.

- *Dispositivos de alerta (art.º 18)* – Os dispositivos de alerta devem ser ouvidos e compreendidos facilmente e sem ambiguidades;
- *Manutenção do Equipamento (art.º 19)* – A manutenção aos equipamentos de trabalho deve efectuar-se, se possível, com estes parados;
- *Riscos Eléctricos, de incêndio e explosão (art.º 20)* – Os equipamentos devem proteger os trabalhadores expostos contra riscos de contacto directo e indirecto com a electricidade, bem como a riscos de incêndio e explosão;
- *Fontes de energia (art.º 21)* – Os equipamentos devem dispor de dispositivos que permitam isolá-los de cada uma das fontes de energia externas, e em caso de religação, esta não seja feita sem risco para os trabalhadores;
- *Sinalização de segurança (art.º 22)* – Os equipamentos de trabalho deve estar devidamente sinalizadas com avisos ou outra sinalização indispensável para garantir a segurança dos trabalhadores.

O presente decreto inclui ainda os requisitos complementares dos equipamentos móveis (capítulo II, secção III), bem como os requisitos complementares dos equipamentos de elevação de cargas (capítulo II, secção IV). Refere ainda, no capítulo III, as regras de utilização dos equipamentos de trabalho.

Este decreto apresenta-se assim como o instrumento de trabalho actual para a segurança em máquinas (> 1995) e equipamentos de trabalho.

No entanto, para entender melhor algumas Funções de Segurança, e para dar a conhecer a actual legislação sobre máquinas, entendeu o autor deste trabalho fazer no subcapítulo seguinte uma breve referência ao decreto-lei 320/2001<sup>4</sup> que regulamenta a concepção e a fabricação de máquinas novas no espaço europeu.

## DIRECTIVA MÁQUINAS – DECRETO-LEI Nº 320/2001, DE 12 DE DEZEMBRO

No projecto de uma máquina nova um dos aspectos a definir é a segurança a implementar. Nesse sentido, os estados membros da União Europeia (EU) acordaram, unanimemente, que os requisitos de segurança para os seus produtos deveriam de ser harmonizados. Nesse sentido, surgiu a Directiva 89/392/CEE, de 14 de Junho de 1989, respeitante às máquinas, e estabelecendo as exigências essenciais de segurança e saúde

<sup>4</sup> Este decreto será substituído a partir de 29 de Dezembro de 2009, pelo Decreto-Lei nº 103/2008, de 24 de Julho.

que lhes dizem respeito. Tendo esta sido diversas vezes alterada, pelas Directivas 91/368/CEE, de 20 de Junho, 93/44/CEE, de 14 de Junho e 93/68/CEE, de 22 de Junho, a sua entrada em vigor só se concretiza a partir de 1 de Janeiro de 1995, após um período de transição de dois anos.

Entretanto, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia adoptaram a directiva 98/37/CE, de 22 de Junho de 1998, revogando as directivas anteriores. Esta directiva, vulgarmente conhecida como “Directiva Máquinas”, estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado e a entrada em serviço de máquinas. Esta define um conjunto de obrigações do fabricante, sendo de destacar:

- A avaliação de riscos da máquina;
- A incorporação de requisitos essenciais de segurança previstos no anexo I;
- A constituição do dossier técnico de fabrico (documentação que evidencia a segurança implementada na máquina);
- A emissão da Declaração CE de conformidade;
- A aposição da marcação CE na máquina.

A transposição para o direito interno desta directiva resultou no **Decreto-Lei nº 320/2001, de 12 de Dezembro** (ainda em vigor até Dezembro de 2009).

Recentemente, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, considerando que a Directiva nº 98/37/CE, de 22 de Junho de 1998, havia sofrido novas e substanciais alterações, procederam à sua reformulação, dando origem à Directiva nº 2006/42/CE, de 17 de Maio. Esta nova directiva é aplicável a máquinas, equipamento intermutável, componentes de segurança, acessórios de elevação, correntes, cabos e correias, dispositivos amovíveis de transmissão mecânica e quase-máquinas. Esta nova Directiva revogará a Directiva nº 98/37/CE, a partir de 29 de Dezembro de 2009.

A transposição para o ordenamento jurídico interno da Directiva nº 2006/42/CE, na parte que respeita às máquinas, resultou no **Decreto-Lei nº 103/2008, de 24 de Junho**, que entra em vigor em 29 de Dezembro de 2009.

Desta nova Directiva, e subsequente Decreto, destacam-se as principais alterações:

- O âmbito de aplicação é alargado e são clarificadas as fronteiras entre a presente directiva e a directiva ascensores (Dir. nº 95/16/CE, de 29 de Junho);



- É introduzido o conceito de *quase-máquina* e são estabelecidas as regras para a sua colocação no mercado;
- É introduzido o procedimento de garantia de qualidade total para as máquinas incluídas no anexo IV;
- É incluído um novo anexo (V) com uma lista indicativa dos componentes de segurança sujeitos ao cumprimento do presente decreto-lei.

Importa ainda referir neste capítulo de legislação o instrumento que suporta a implementação da directiva máquinas: as Normas Harmonizadas. Estas desempenham um papel importantíssimo na segurança de máquinas, pois indicam a forma de implementar as funções de segurança.

## NORMAS HARMONIZADAS

---

Com o objectivo de auxiliarem a implementação das directivas existem um conjunto de normas específicas que conferem o cumprimento dos requisitos essenciais de saúde e segurança previstos pela directiva máquinas, sendo designadas por Normas Harmonizadas (EN). Assim, estas normas fornecem os detalhes e orientações aos projectistas e fabricantes de máquinas, na fase de projecto, sobre os riscos e as soluções técnicas que permitem eliminá-los e/ou minimizá-los. Todavia, as normas nacionais – normas portuguesas (NP) são aplicáveis no caso de não haverem normas europeias harmonizadas ou outras especificações técnicas. As normas harmonizadas são elaboradas pelos comités europeus de normalização:

- CEN – Comité Europeu de Normalização;
- CENELEC - Comité Europeu de Normalização Electrotécnica
- ETSI – Instituto Europeu de Telecomunicações.

A transposição destas para a normalização de cada país têm que ser feito na íntegra. No caso nacional estas passam a possuir uma designação de “NP EN ...”

Estas normas estão estruturadas em três grupos:

- *Tipo A – Normas Básicas de Segurança* – são normas de segurança fundamentais que se aplicam a todas as máquinas. São exemplos deste tipo as normas: EN ISO 12100:2003 – Segurança de máquinas, Parte 1: terminologia de base e Parte 2: Princípios técnicos especificações e a EN 1050:1996 – Segurança

de máquinas, Princípios para avaliação de risco.

- *Tipo B – Normas de Grupo* - Estas tratam de um aspecto ou de um dispositivo de segurança, que pode ser usado em diversos tipos de máquinas. São ainda divididas em:
  - *Tipo B1* – inerentes a aspectos particulares da segurança, por exemplo: distâncias de segurança de forma a evitar aproximações dos membros inferiores das zonas perigosas (EN 811:1996); requisitos gerais dos sistemas de comando relativos à segurança (EN 954-1:1996); prevenção a um arranque inesperado (EN 1037:1995); equipamentos eléctricos das máquinas (EN 60204:1997).
  - *Tipo B2* – relativas a dispositivos de segurança, por exemplo: equipamentos de paragem de emergência (EN 418:1992); dispositivos de encravamento e bloqueio (EN 1088:1995); dispositivos de protecção electro-sensíveis (EN 61496:1997).
- *Tipo C – Normas para categorias de máquinas* – Apresentam os requisitos de segurança e soluções comprovadas e eficazes aplicáveis a uma determinada família de máquina. Por exemplo: Prensas hidráulicas (EN 693:2001); Manipulação de robots industriais (EN 775:1992); Máquinas de embalagem (EN 415:1999).

Um dos aspectos fundamentais na segurança de máquinas é a concepção de funções de segurança associadas aos sistemas de comando (SRP/CS – Safety-Related Parts of Control System). A norma de referência, ainda em vigor, é a EN 954-1, mas será revogada pela EN ISO 13849-1 a partir de 30-11-2009.

Estas funções de segurança devem assegurar basicamente que:

- Um defeito accidental no circuito de comando não impossibilite de parar os circuitos móveis;
- Uma variação ou interrupção de energia não origine arranques intempestivos dos elementos móveis, nem movimentos incontrolados, nem perda de peças;
- Uma ordem de paragem prevaleça sobre as ordens de arranque.

A norma EN 954-1, faz uma abordagem determinística aos modos de falha do sistema de controlo e categoriza-o consoante a sua capacidade de tolerância de falhas e ao seu

comportamento em caso de avaria. A categoria dos sistemas de comando são classificadas em: B; 1; 2; 3 e 4. A sua escolha resulta numa avaliação de riscos segundo a EN 1050. Esta avaliação tem em conta a severidade da lesão (S), a frequência e/ou a duração da exposição ao perigo (F) e a possibilidade de evitar o perigo (P). A figura 2.4 ilustra-nos um exemplo de uma matriz de risco.

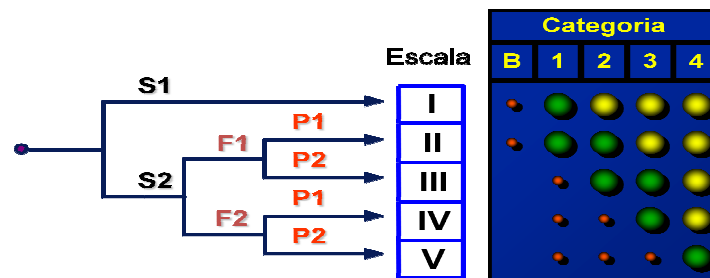


Figura 2.4 - Exemplo de uma matriz de risco segundo a EN 1050 (curso de segurança de máquinas – Omron)

Como já referido, esta norma será revogada a partir de 30-11-2009 pela norma EN ISO 13849-1. Esta nova norma resulta do facto:

- Não existirem requisitos suficientes para tratar sistemas complexos programáveis;
- Não haver uma relação hierárquica entre risco e categoria;
- Não haverem requisitos a respeito de falhas comuns;
- Não haverem aspectos quantitativos de probabilidade de falhas perigosas.

Os aspectos acima referidos já estão contemplados na nova norma que entra em vigor em Novembro de 2009.

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

O Estado Português tem publicado nos seus referenciais de segurança, legislação que induz cada vez mais segurança aos locais e postos de trabalho. Este capítulo resume a legislação em vigor no que refere aos Postos de Transformação de Energia Eléctrica, bem como às Máquinas e Equipamentos de Trabalho. Sendo a legislação uma das ferramentas preciosas, e necessárias, na identificação de funções de segurança, esta deve ser cuidadosamente estudada para dela retirarem todas as Funções de Segurança legais. Referiu-se também neste capítulo a legislação que vai ser revogada até final do ano, no âmbito desta matéria.

### METODOLOGIA GLOBAL DO TRABALHO

---

Este trabalho tem como objectivo a aplicação de uma metodologia recente na avaliação de riscos, desenvolvida por Harms-Ringdahl. Trata-se do método SFA e a sua aplicação será efectuada a um Posto de Transformação de Energia Eléctrica e a um Paletizador Automático de Caixas de Cartão, ambos na Renova. A escolha do posto de transformação de energia eléctrica derivou da necessidade de construção de um novo PT devido a um aumento de potência das instalações e também para melhorar as condições de segurança na exploração do mesmo. Também se tiveram em conta as consequências gravíssimas no caso de ocorrer um acidente com a média tensão. Por outro lado, a escolha do paletizador deveu-se ao facto deste ter sido sujeito a alterações e a uma mudança de local de implantação; pretendeu-se, desta forma, actualizar e reforçar a análise de riscos anterior, que entretanto ficou obsoleta/desactualizada. Nesta nova análise, foram integrados também os requisitos do DL 50/2005, relativo à utilização de equipamentos de trabalho.

Do ponto de vista metodológico global, dividiu-se o trabalho em diferentes fases. Numa primeira fase faz-se o enquadramento bibliográfico e legal sobre a avaliação de riscos e segurança em postos de transformação e em máquinas e equipamentos.

Posteriormente, numa segunda fase, e neste capítulo, faz-se uma descrição pormenorizada do método utilizado habitualmente pela Renova na avaliação de riscos e também sobre a metodologia objecto deste trabalho (SFA). Dos riscos considerados mais significativos, foram identificadas e avaliadas as FS, utilizando então a SFA - (Safety Function Analysis). Ainda nesta fase (Capítulo 4) faz-se uma breve apresentação da empresa Renova, bem como uma descrição pormenorizada de cada um dos casos de estudo onde o método SFA vai incidir.

Na terceira fase deste trabalho (Capítulo 5), realiza-se a aplicação da metodologia SFA e cada caso de estudo. Foi constituída pelo autor deste trabalho uma equipa de pessoas: o próprio, um oficial electricista e a responsável pelo Sistema de Higiene e Segurança, ambos também da Renova. Esta equipa, perante a legislação e estudo das condições do

local de trabalho, e das máquinas elaborou, para cada perigo uma lista de FS que são avaliadas em detalhe.

### MÉTODO W. FINE (METODO SIMPLIFICADO)

---

Na Renova, o método actualmente adoptado para a análise de risco é o W. **FINE** (Método Simplificado) (c.f. Veiga, Dashofer, 2006); este é um dos métodos utilizados para a identificação dos perigos, avaliação e hierarquização e controlo de riscos associados às actividades e processos, de forma a determinar aqueles que poderão ser tolerados e não tolerados. A figura 3.1 representa esquematicamente o processo de avaliação do risco preconizado por este método.

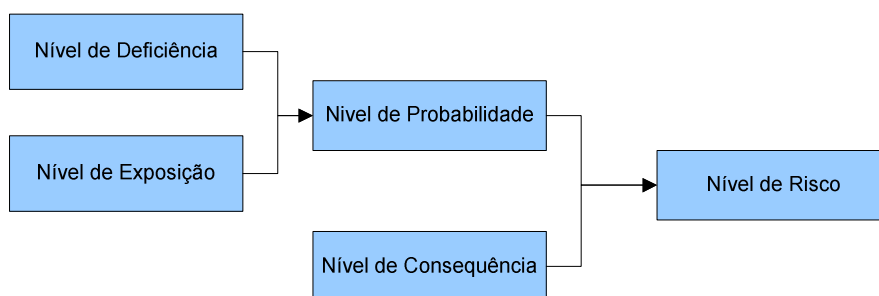


Figura 3.1 - Esquema Ilustrativo do Método W. FINE Simplificado (processo de avaliação do risco)

O método parte da definição do posto de trabalho a avaliar, sendo necessário compilar toda a informação pertinente (legislação, manual de instruções de máquinas, fichas de dados de segurança de substâncias perigosas, processos e métodos de trabalho, etc.), de forma a detectar o **Nível de Deficiência (ND)** do local de trabalho. Para a sua classificação devem ter-se em conta diversos factores de risco que podem ter uma relação causal directa com o possível acidente. A tabela 3.1 dá-nos uma forma de classificar o nível de deficiência (Renova, adaptado Veiga, 2006, p. 28).

Tabela 3.1 - Classificação do nível de deficiência (Renova, adaptado Veiga, 2006)

Nível de Deficiência (ND)		
<p><b>Para avaliação do Nível de Deficiência, devem levar-se em conta os seguintes factores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existência de Instruções/Procedimentos de Segurança para a execução da actividade;</li> <li>- Existência de Sinalética de segurança adequada aos perigos existentes;</li> <li>- Os trabalhadores têm experiência/formação para a execução da actividade;</li> <li>- Os trabalhadores conhecem os riscos da actividade;</li> <li>- Existência Equipamentos de Protecção Colectiva (EPC's);</li> <li>- Existência e utilização de Equipamentos de Protecção Individual (EPI's);</li> <li>- Equipamentos de trabalho são adequados e cumprem os requisitos de segurança (Marcação CE ou Verificação de Conformidade, instruções e manuais em português, registos de manutenção preventiva;</li> <li>- Condições de trabalho são adequadas (pisso, espaço disponível, ruído, vibrações, iluminação, ambiente térmico);</li> <li>- Existência de meios de prevenção e combate a incêndio.</li> </ul>		
ND	Escala	Definição
Aceitável	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não foram detectadas factores com deficiências.</li> <li>- Os riscos estão controlados.</li> </ul>
Insuficiente	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foram detectados factores com deficiência de menor importância.</li> <li>- As medidas preventivas existentes podem ser melhoradas.</li> </ul>
Deficiente	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foram detectados alguns factores com deficiências significativas.</li> <li>- Algumas das medidas preventivas existentes não se mostram eficazes.</li> </ul>
Muito Deficiente	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As medidas preventivas existentes são ineficazes.</li> <li>- O dano ocorrerá na maior parte das circunstâncias.</li> </ul>
Totalmente Deficiente	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas preventivas inexistentes;</li> <li>- Inexistência de regras de segurança para desenvolvimento da actividade;</li> <li>- Desconhecimento dos perigos associados à actividade/tarefa.</li> </ul>

Outro factor importante é o chamado *Nível de Exposição (NE)*. Este factor dá-nos uma medida de frequência com que um trabalhador está exposto ao perigo, estimando-se em função dos tempos de permanência nas áreas de trabalho, operações com máquinas, etc. A tabela 3.2 dá-nos os valores atribuídos ao nível de exposição.

Tabela 3.2 - Determinação do Nível de Exposição (Renova, adaptado Veiga, 2006)

Nível de Exposição (NE)		
Nível	Escala	Definição
Esporádica	1	Máximo, uma vez por ano
Pouco frequente	2	Mais que uma vez por ano
Ocasional	3	Mais que uma vez por mês
Frequente	4	Várias vezes durante o período laboral, ainda que com tempos curtos – várias vezes por semana ou diário
Contínua	5	Várias vezes por dia com tempo prolongado ou continuamente

Em função do nível de deficiência das medidas preventivas e do nível de exposição à situação perigosa determina-se o *Nível de Probabilidade (NP)*, o qual se pode expressar como o produto de ambos os termos. Assim:

$$NP = ND \times NE$$

A tabela 3.3 facilita a consequente valorização

Tabela 3.3 - Nível de Probabilidade (Renova, adaptado Veiga, 2006)

NÍVEL DE PROBABILIDADE (NP)		
Nível	Escala	Definição
Muito Baixa	[1 - 3]	Não é esperado que a <u>situação perigosa</u> se materialize na vida útil da instalação.
Baixa	[4 - 6]	É esperado que a <u>situação perigosa</u> possa ocorrer durante a vida útil da instalação.
Média	[8 - 20]	É esperado que a <u>situação perigosa</u> possa ocorrer a médio prazo.
Alta	[24 - 30]	É esperado que a <u>situação perigosa</u> possa ocorrer a curto prazo.
Muito Alta	[40 - 70]	É praticamente certo que <u>situação perigosa</u> se materialize.

Por definição, Risco é a combinação da probabilidade da ocorrência de um acontecimento e da gravidade (consequência) das lesões ou afectações da saúde,

provocadas pelo acontecimento. Da definição surge o termo *Nível de Consequência (NC)* que pode ser determinado com a ajuda da tabela 3.4.

O risco, ou o *Nível de Risco (NR)*, é então determinado pelo produto entre os factores Nível de Probabilidade e o Nível de Consequência., isto é:

$$NR = NP \times NC$$

A avaliação do Nível de Risco (NR) é o resultado do produto dos índices atribuídos ao Nível de Probabilidade e ao Nível de Consequência. A Tabela 3.5 mostra o tipo de controlo a seguir conforme o Nível de Risco calculado.

Tabela 3.4 - Determinação do Nível de Consequência (Renova, adaptado Veiga, 2006)

NÍVEL DE CONSEQUÊNCIA (NC)		
Nível	Escala	Definição
Insignificante	10	Sem danos humanos.
Leve	25	Pequenas lesões sem perda de capacidade de trabalho (resolvida com primeiros socorros).
Moderado	60	Lesões reversíveis com incapacidade temporária (resolvida com intervenção hospitalar).
Grave	90	Lesões graves e irreversíveis com incapacidade permanente ou morte.
Muito Grave	155	Um morto ou mais. Incapacidade total e permanente.

O critério utilizado para definir a aceitabilidade ou não aceitabilidade vai depender dos critérios e das prioridades de cada empresa. A Renova considerou que um determinado risco é **NÃO ACEITÁVEL**, sempre que o Nível de Risco for **superior a 360**, o que implica que devem ser desencadeadas medidas no sentido de eliminar ou reduzir ao mínimo possível.



Tabela 3.5 - Avaliação do Nível de Risco (Renova, adaptado Veiga, 2006)

Avaliação do Nível de Risco (NR)		
Nível de Risco	Tipo de Controlo	Tipo de Situação/Acções a tomar
[3000 - 10850]	<b>I</b>	- Situação crítica; - Intervenção imediata; - Eventual paragem da actividade; - Isolar o perigo até serem adoptadas medidas de controlo permanentes.
[1250 - 3000[	<b>II</b>	- Situação a corrigir. - Adoptar medidas de controlo alternativas, enquanto a situação perigosa não for eliminada ou reduzida; - Planear melhorias a curto prazo, para minimização do Nível de Risco
[360 - 1250[	<b>III</b>	- Situação a melhorar; - Planear formas alternativas de execução dos trabalhos; - Planear possíveis melhorias das condições existentes; - Elaborar procedimentos os instruções de segurança para a actividade.
[100 - 360[	<b>IV</b>	- Situação controlada; - Intervir apenas se existir capacidade e oportunidade de melhoria; - Deve ser monitorizada a actividade.
[10 - 100[	<b>V</b>	- Não é necessária intervenção - Deve ser monitorizada a actividade

## MÉTODO SAFETY FUNCTION ANALYSIS

A Safety Function Analysis - SFA é um método de avaliação de riscos. Este baseia-se no conceito “*Função de Segurança (FS)*”, já definido anteriormente. Este método tem como objectivo obter:

- ✚ Uma descrição estruturada dum sistema de funções de segurança;
- ✚ Uma avaliação das suas forças e das suas fraquezas;
- ✚ Propostas para melhorias das FS existentes e/ou introduzir novas.

Este método tem dois tipos de aplicação: um, referente ao local de trabalho com os seus riscos associados como ponto de partida; e o outro como investigação de acidentes, servindo para tirar conclusões sobre as características das FS na base de um acidente ou quase-acidente.

O SFA assenta em seis etapas principais, como mostra a figura 3.2. Tal como nos outros métodos de análise também contempla uma fase de preparação e uma de conclusão.

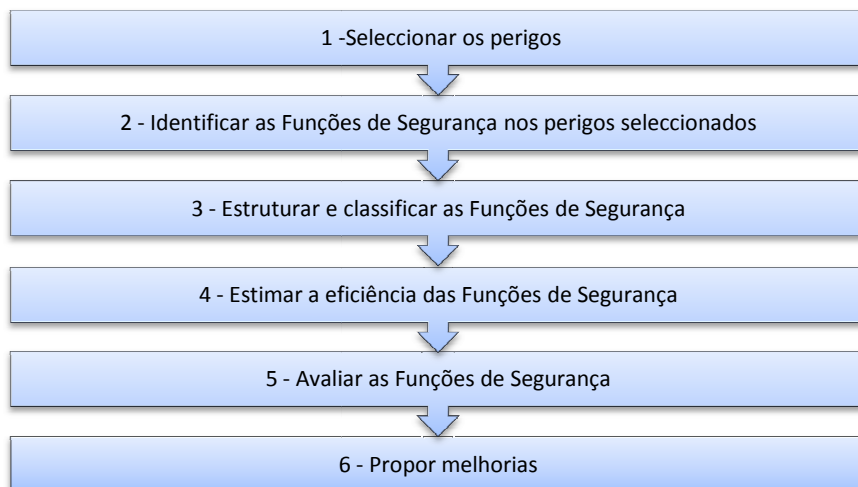


Figura 3.2 - Etapas principais da SFA (adaptado Harms-Ringdahl, 2003a)

Nos próximos parágrafos apresenta-se uma breve descrição de cada uma das seis etapas do método.

### (1) SELECCIONAR OS PERIGOS

---

A selecção dos perigos faz-se recorrendo a qualquer outro dos métodos clássicos de análise de riscos, como sejam: Análise de Energias, da Análise de Segurança no Trabalho, HAZOP, W. FINE, etc. Desse primeiro estudo extraem-se os perigos mais significativos sobre os quais o método SFA irá incidir com mais detalhe. A selecção dos perigos para este trabalho resultou da aplicação do método W. FINE (simplificado) usado habitualmente na Renova.

### (2) IDENTIFICAR AS FUNÇÕES DE SEGURANÇA NOS PERIGOS SELECCIONADOS

---

Existem vários métodos para identificar as Funções de Segurança. Um, é utilizar uma “checklist” estruturada de funções de segurança e identificar as que são relevantes para o perigo em análise. Outro método é, partindo de um perigo específico, colocar perguntas do tipo:

- ✚ Como se pode manter baixa a possibilidade da ocorrência de um acidente?
- ✚ Como se podem manter baixas as consequências de um acidente?

- ✚ Como se diminui a gravidade se o acidente acontecer?

Estas questões podem ser respondidas por entrevista ou num fórum de discussão.

Neste trabalho, a identificação das FS nos perigos seleccionados como sendo os mais significativos, resultou de um fórum de discussão entre o autor do trabalho, um oficial electricista da Renova e a responsável pelo sistema de higiene e segurança da empresa. Na identificação das FS, foi também tido em conta a legislação aplicável em vigor para Postos de Transformação e para as máquinas.

### (3) ESTRUTURAR E CLASSIFICAR AS FUNÇÕES DE SEGURANÇA

---

A lista resultante da etapa anterior é então estruturada de uma forma lógica, de forma a facilitar a sua classificação. Para isso Harms-Ringdahl (2003a,b;2009) sugeriu os seguintes parâmetros:

- ✚ Nível de Abstracção.
- ✚ Nível de Sistema
- ✚ Tipo de Funções de Segurança
- ✚ Tipo de objecto

Como *Nível de Abstracção* entende-se o nível onde uma determinada FS se encontra, ou seja, se a FS tem uma função muito objectiva ou se é de carácter mais abrangente (i.e. genérico). Por exemplo, podemos ter uma função cujo objectivo é a protecção contra temperaturas elevadas utilizando sensores de temperatura, ou podemos ter como FS um sensor de temperatura com uma função muito objectiva no local onde se encontra.

O *Nível de Sistema* está directamente relacionado com a hierarquia do sistema. Exemplos de níveis podem ser respectivamente, componentes, máquinas, subsistemas, sistemas, secções, departamentos e organização.

O *Tipo de Função de Segurança* descreve tudo o que uma determinada FS pode realizar. A tipologia das FS pode ser divididas em técnicas, organizacionais, humanas ou combinações destas. Neste tipo de classificação pode-se ter uma função cujo objectivo principal não é o de segurança mas que é influenciadora da segurança.

O *Tipo de Objecto* caracteriza o sistema a proteger, seja ele técnico, de software, de controlo, etc.

Neste trabalho as FS foram estruturadas em cinco grupos, baseados no parâmetro “*Tipo de Funções de Segurança*”, que são:

- ✚ **Contenção do Perigo.** Este grupo refere-se aos dispositivos mecânicos ou físicos que separam os perigos dos operadores durante uma operação normal, como por exemplo reservatórios de líquidos perigosos, isolamento de áreas, etc.
- ✚ **Automação e Controlo.** Exemplos de FS neste grupo são os encravamentos dos sistemas, comandos de arranque e paragem de movimentos, iluminação de emergência, central de incêndios, etc.
- ✚ **Procedimentos Informais.** Aqui estão incluídos aspectos do sistema organizacional e o que é que os operadores fazem como rotinas práticas diárias no local de trabalho. Também se podem incluir neste grupo sinalização sonora e visual, instruções de trabalho, treino em operações de emergência, etc.
- ✚ **Procedimentos Formais.** Aqui estão inseridos os procedimentos formais do sistema e que têm de ser rigorosamente cumpridos, nomeadamente: legislação aplicável, registos, registos de consignação de equipamento, etc.
- ✚ **Redução das Consequências.** Este grupo inclui equipamentos necessários para redução das consequências se o acidente acontecer, i.e.: chuveiros lava-olhos, varas de salvamento, stop de emergências, mala de primeiros socorros, etc., e também actividades organizacionais.

#### (4) ESTIMAR A EFICIÊNCIA DAS FUNÇÕES DE SEGURANÇA

---

Estimar a “eficiência” das FS consiste em avaliá-las segundo um certo número de características, que segundo Harms-Ringdahl (2003a) incluem:

- ✚ Intenção
- ✚ Importância
- ✚ Eficiência

A *Intenção* de uma FS é bastante importante no estágio do “design” de um produto, equipamento, máquina, etc, onde por vezes é essencial definir as intenções de acordo com diferentes soluções. A intenção pode ser dividida em quatro categorias.

Tabela 3.6 - Categorias da característica intenção das FS (Harms-Ringdahl, 2003a)

<b>Intenção</b>	
<b>0</b>	Sem intenção e sem influência na segurança
<b>1</b>	Sem intenção, mas tem alguma influência na segurança
<b>2</b>	Com intenção, mas o seu objectivo principal é outro
<b>3</b>	Com intenção efectiva na segurança ou redução das consequências; i.e. foi intencionalmente concebida para segurança.

A *Importância* de uma FS reflecte a sua maior ou menor influência na segurança, assumindo que esta funciona como previsto. Também pode ser avaliada em quatro categorias, como mostra a tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Categorias da característica importância das FS (Harms-Ringdahl, 2003a)

<b>Importância</b>	
<b>1</b>	Sem influência na segurança
<b>2</b>	Pequena influência na segurança
<b>3</b>	Relativamente grande influência na segurança
<b>4</b>	Grande; intimamente ligada aos acidentes ou à magnitude da consequência

Finalmente, a *Eficiência* de cada FS é definida como sendo a probabilidade (P) de um dado equipamento (i.e. um dispositivo de segurança) existir e funcionar quando necessário. Também pode ser expressa como a *Probabilidade de Sucesso* (Harms-Ringdahl, 2003a). Este propõe várias formas de estimar a eficiência: ou em intervalos de probabilidades, ou, mais simplesmente, em três intervalos de avaliação subjectiva (baixa, média, alta).

Neste trabalho a Eficiência foi classificada em três classes: Baixa, Média e Alta.

## (5) AVALIAR AS FUNÇÕES DE SEGURANÇA

---

Da combinação dos três atributos atrás referenciados, resulta um nível de prioridade para cada FS. Avaliar uma FS significa verificar se esta é suficientemente boa, e se oferece cobertura suficiente para controlar os perigos. Para cada FS é feito um julgamento se esta é aceitável ou se são necessárias melhorias. Harms-Ringdahl (2003a) usa a tabela 3.8 para efectuar este julgamento e estabelecer quais as medidas de melhoria que são necessárias para cada FS.

Tabela 3.8 - Escala de aceitabilidade das FS (Harms-Ringdahl, 2003a)

Código	Descrição
0	Aceitável, risco negligenciável
1	Aceitável, sem alterações necessárias
2	Não aceitável, é <u>recomendada</u> a mudança de sistema (medida de segurança)
3	Não aceitável, é <u>exigida</u> a mudança de sistema (medida de segurança)

A decisão sobre a aceitabilidade, numa escala de 0-3, é feita caso a caso (i.e., para cada FS) levando em consideração os critérios anteriormente referidos: intenção, importância e eficiência.

## (6) PROPOR MELHORIAS

---

Após decisão de aceitabilidade (ou não), pode ser necessário propor melhorias. Estas devem ser concretas, específicas para cada FS, e, supostamente, devem estar hierarquizadas por ordem de prioridade. No entanto, Harms-Ringdahl não estabelece qualquer mecanismo para definir prioridades, deixando essa decisão ao critério e bom senso do analista.

Para sistematizar melhor esta última fase de avaliação, o autor deste trabalho criou uma nova tabela (tabela 3.9) com uma estrutura do tipo “árvore de decisão” que explicita o plano de acção (genérico) para cada combinação possível “Importância” versus “Eficiência”. Na prática, a nova tabela faz a ponte entre a aceitabilidade e o plano de acção, que já inclui as prioridades de acção. O critério “prioridade” é definido pelos

códigos (0 – 3), indicados na tabela 3.8., para compatibilizar os níveis de aceitabilidade e prioridade. A tabela 3.9 indica o plano de acção a seguir.

Tabela 3.9 - Plano de acção (Árvore de decisão)

<b>Importância (4 níveis)</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Prioridade 0-3</b>	<b>Plano de Acção (guia geral) <sup>(a)</sup></b>
<b>(4)</b> Grande; SF intimamente ligada aos acidentes ou à magnitude da consequência	Alta	1	Não são necessárias alterações mas é importante monitorar e inspeccionar para garantir que mantém neste estado.
	Media	2	Não aceitável, são necessárias melhorias a curto prazo para aumentar a eficiência.
	Baixa	3	Não aceitável; são necessárias melhorias urgentes para aumentar a eficiência. Se os custos da sua realização forem elevados e o período de implementação for longo devem-se considerar sistemas redundantes
<b>(3)</b> Relativamente grande	Alta	1	Não são necessárias alterações; confirmar se o actual plano de inspecções é adequado e suficiente.
	Media	2	Não aceitável; são necessárias melhorias a curto ou médio prazo para aumentar a eficiência
	Baixa	3	Não aceitável; são necessárias melhorias urgentes para aumentar a eficiência
<b>(2)</b> Pequena	Alta	1	Não são necessárias alterações
	Media	1	Não são necessárias alterações
	Baixa	2	Não aceitável; são necessárias melhorias a médio ou longo prazo para aumentar a eficiência
<b>(1)</b> Sem influência na segurança, ou pequeno impacto	Alta	0	Não são necessárias alterações, risco negligenciável
	Media	1	Não são necessárias alterações
	Baixa	1	Não são necessárias alterações

(a) O “plano de acção” necessita deve ser objectivamente especificado para cada FS particular; nas recomendações devem também ter em conta o critério “intenção” e ainda o custo estimado das soluções propostas.

Note-se, contudo, que neste processo de apoio à decisão (tabela 3.9), não se explicitou o critério “Intenção”, apesar do mesmo ter sido utilizado neste estudo, ao classificar as FS. O motivo prende-se fundamentalmente com o facto do “efeito” real de uma FS estar mais dependente da “importância” do seu impacto na segurança e respectiva “eficiência”, do que no facto de ter (ou não) sido concebida intencionalmente para isso. De alguma forma, a “intenção” pode estar incluída na “importância” de uma barreira e aquilo que verdadeiramente interessa à segurança é a sua influência ou impacto real.

Em termos práticos, esta última etapa, da qual resultou a tabela 2.4, faz uma pequena alteração ao método original, porque combinou (2 em 1) os critérios “intenção” e “importância”. A alteração foi discutida com o autor do SFA que concordou com a ideia (Prof. Harms-Ringdahl, *comunicação pessoal*, email 26-8-2009); como consequência da troca de ideias, ele mesmo vai fazer algumas alterações ao método na sua próxima publicação.

O conhecimento das medidas de controlo de riscos a aplicar em cada caso é de extrema importância no combate aos acidentes de trabalho e às doenças profissionais. Deve, por isso, sempre que possível, seguir a seguinte hierarquização das medidas a tomar:

1. *Eliminar o Perigo*. Por exemplo, retirar equipamentos obsoletos que possam originar quedas em altura ou ao mesmo nível.
2. *Substituir o perigo*. Por exemplo, substituir um produto químico perigoso por outro que não seja perigoso, mas cuja função seja igual.
3. *Medidas de Engenharia e Protecção Colectiva*. Por exemplo: usar sistemas de refrigeração de salas para evitar sobreaquecimentos; usar dispositivos de protecção nas máquinas e equipamentos; isolar superfícies quentes, isolar o perigo, etc.
4. *Medidas organizacionais*. Por exemplo: Formação dos colaboradores sobre os perigos inerentes a cada tarefa; ajustes de horários, rotatividade nos postos de trabalho; etc.
5. *Equipamento de protecção Individual*. Por exemplo: óculos de protecção; protectores auriculares; luvas adaptadas a cada tarefa; capacetes; botas de biqueira e sola de aço; etc.



### EMPRESA/CONTEXTO

---

A RENOVA – Fábrica de Papel do Almonda, S.A., é uma empresa especializada na fabricação de papel “tissue” e na sua transformação, bem como na produção de papel de impressão, escrita e embalagem. É uma empresa portuguesa de capital privado, constituída em 1939, com sede em Renova, concelho de Torres Novas. Possui duas unidades industriais, uma situada junto à nascente do Rio Almonda (Fábrica 1) e a outra a dois quilómetros de distância deste local (Fábrica 2). Actualmente emprega cerca de 670 trabalhadores, distribuídos pelas duas fábricas.

A Renova é uma empresa/marca, onde o ambiente, a segurança, a qualidade e a inovação estão nas suas preocupações.

No que respeita à política ambiental, a Renova está bem posicionada em relação às suas congéneres a nível europeu. Em 1999, a Renova foi a primeira empresa do seu sector de actividade a obter a certificação Ambiental, de acordo com o referencial ISO14001, e em 2004, a certificação EMAS (Sistema de Ecogestão e Auditoria da União Europeia).

A segurança das operações e o “bem estar “dos trabalhadores nos locais de trabalho, levou a Renova em 2004, a obter uma certificação de Segurança e Saúde no trabalho, segundo a norma OHSAS 18001. Também em 2004, a Renova recebe o certificado de Gestão da Qualidade, ISO 9001:2000, ISO 17025.

Em 2007, surgem para a Renova novos desafios que a levaram a obter mais duas certificações: uma para Segurança Alimentar, de acordo com o referencial BRC/IoP, e outra em Sistema de Investigação, Desenvolvimento e Inovação, de acordo com a NP 4457 (2007, relativo à Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação).

No contexto económico e social, a Renova é actualmente em Portugal líder de mercado em todos os produtos de papel *tissue*. Em Espanha é líder no segmento dos guardanapos e também está presente na França, Bélgica e Luxemburgo. A sua facturação em 2008 foi de 130 milhões de euros.

## PROCESSO PRODUTIVO

---

O processo produtivo na RENOVA encontra-se repartido por quatro divisões:

- Divisão de Reciclagem (DIRE), onde o papel velho é transformado em fibra nas condições de utilização;
- Divisão de Fabricação (DIFA), onde se processa a fabricação da folha de papel;
- Divisão de Transformação (DITA), onde o papel é transformado num conjunto diversificado de produtos de utilização doméstica, sanitária e industrial;
- Divisão de Produtos Sanitários (DISA), sector especializado na produção de protecções sanitárias femininas.

A Fábrica 1 possui uma parte da Divisão de Fabricação (uma máquina de papel *tissue* e duas de papel de impressão e escrita 100% reciclado, de papel *craft*). Nesta unidade encontra-se também a DISA. A Fábrica 2 integra a Divisão de Reciclagem, parte da Divisão de Fabricação (duas máquinas de produção de *tissue*) e a Divisão de Transformação. A figura 4.1 ilustra o processo produtivo da Renova.

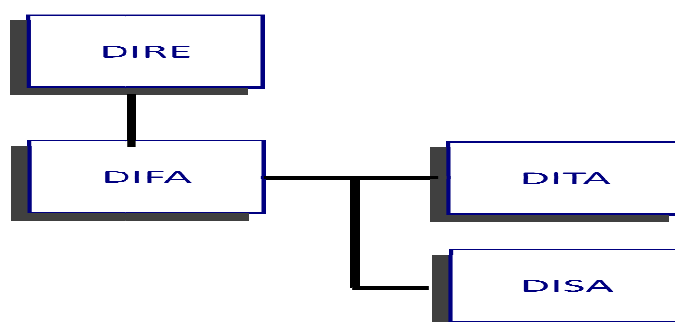


Figura 4.1 - Processo produtivo da Renova

### DIVISÃO DA RECICLAGEM – DIRE

---

O objectivo da DIRE é obter fibras recicladas de elevada qualidade, partindo de “papéis velhos” seleccionados. A reciclagem consiste em retirar do “papel velho” toda a matéria não fibrosa – aditivos, cargas, tintas e outros contaminantes resultantes da utilização do papel. Esta matéria é eliminada por rejeição sequencial utilizando conjuntamente quatro processos distintos: hidrociclonagem, crivagem, lavagem e flutuação. Os referidos processos baseiam-se nas propriedades físico-químicas que diferenciam os contaminantes das fibras, como sejam a forma e tamanho, a densidade e a afinidade

electrostática. São também realizadas duas etapas de branqueamento (oxidativo e redutor) que permitem aumentar e uniformizar a brancura da pasta reciclada.

## DIVISÃO DA FABRICAÇÃO - DIFA

---

A Divisão de Fabricação da Fábrica 2 dispõe de duas máquinas de produção de papel *tissue*. O papel *tissue* é um papel de toque muito suave, flexível, de alto grau de maciez e absorção, propriedades conseguidas através de um processo de formação específico, que assenta basicamente na escolha criteriosa de componentes e na formação de micro-ondulações paralelas e em direcção transversal à linha de produção (crepe). As ondulações são formadas por acção de uma lâmina colocada estrategicamente de modo a retirar o papel do cilindro secador com o efeito desejado.

Este tipo de papel tem usos diversos, e embora predomine o uso doméstico e sanitário (lenços, guardanapos, toalhas e papel higiénico), podem também ser usados para embalagem e em filtros, dada a sua maciez e permeabilidade. A sua fabricação pode acontecer em qualquer das duas máquinas, podendo dividir-se em quatro etapas: preparação da pasta, formação da folha, secagem e formação do crepe.

Por preparação da pasta designa-se todo o conjunto de operações que antecedem a folha e que começam na desintegração da pasta seca e acabam na entrada da máquina. A etapa de formação da folha tem início na caixa de chegada da máquina, que deposita numa teia esgotante um jacto de suspensão contínuo e de secção rectangular, que ao longo do seu percurso vai eliminando a água através de força centrífuga, vácuo, prensagem e secagem. A fabricação termina com a bobinagem simples, ou de várias folhas para bobinas de tamanho normalizado.

## DIVISÃO DA TRANSFORMAÇÃO – DITA

---

A actividade da Divisão de Transformação está actualmente dividida em três vectores convergentes, aqui designados por áreas de transformação: Dobras, Rolos Multiuso e Rolos de Papel Higiénico.

Todas as linhas desta Divisão recebem o papel em bobinas normalizadas, de acordo com o tipo de produto e de linha, fornecidas directamente pela Divisão de Fabricação e, parte proveniente do armazém automático de papel. As linhas de produção são muito flexíveis, podendo produzir-se mais do que um produto final em cada uma, com apenas

algumas alterações mecânicas de fluxo e/ou matéria-prima.

Genericamente, todas as máquinas produtivas desta divisão são compostas por uma bobinadora ou dobradora e uma embaladora. Se o produto produzido numa determinada linha for ensacado, esta ainda terá uma ensacadora e um robô antropomórfico como paletizador. Se o produto for encaixotado, a linha terá ainda uma encartonadora (coloca o produto dentro de caixas de cartão), sendo as caixas posteriormente encaminhadas, através de tapetes rolantes, até uma paletização central (objecto deste trabalho).

## DESCRIÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

---

O Posto de Transformação (PT) de energia eléctrica analisado neste trabalho é o da alimentação de energia eléctrica à divisão de transformação de papel (DITA).

A sua alimentação é feita a 30 KV, proveniente do Posto de Transformação e Seccionamento da Renova. É composto por dois transformadores de 1600 KVA, 30/4 KV, a óleo, que alimentam, em paralelo ou não, o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT). Deste quadro saem todas as alimentações para os quadros parciais das máquinas e para os quadros de iluminação e tomadas.

A entrada dos 30 KV faz-se num monobloco fechado (Figura 4.2) do tipo Normafix 36 kV - 630 A - 16 kA, da marca EFACEC. Estes quadros são constituídos por celas metálicas, de isolamento ao ar e equipados com aparelhagem de corte em SF6. Este quadro específico é composto por uma cela do tipo IS<sup>5</sup> e duas do tipo DC<sup>6</sup>.



Figura 4.2 - Monobloco de 30 KV da DITA

---

<sup>5</sup> Designação do fabricante - Efacec

<sup>6</sup> Designação do fabricante - Efacec

A cela IS, onde vão entrar os 30 KV, é composta por um seccionador, cuja função é seccionar todo o posto de transformação. Quando o seccionador é fechado alimenta um barramento no interior do monobloco que por sua vez deriva para cada uma das saídas do monobloco – Celas DC. Estas são celas de protecção geral de cabos e têm como função proteger os cabos de média tensão que vão alimentar os transformadores. As celas DC estão equipadas com um seccionador de três posições (fechado, aberto e terra), com isolamento a SF6, e um disjuntor SF6. A protecção contra sobrecargas e curto-circuitos dos transformadores faz-se através do disjuntor, um para cada transformador, com o auxílio do relé de protecção MIF II (Figura 4.3). Este relé faz a protecção contra sobrecargas temporizadas, sobrecargas instantâneas em dois níveis e protecção. As sobrecargas podem ser trifásicas, entre fases e terra ou monofásicas, dependendo da sua programação.



Figura 4.3 - Relé de protecção do tipo MIF II da GE<sup>7</sup>

Os transformadores encontram-se dentro de celas construídas para o efeito e de acordo com o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento. (Figura 4.4).



Figura 4.4 - Celas dos Transformadores

---

<sup>7</sup> GE – General Electric

Os transformadores estão equipados também com um bloco integrado de protecção do tipo DGPT2, que garantem a protecção do transformador contra:

- Descarga de gases, devido a falha de isolamento;
- Nível baixo de óleo, devido a fugas;
- Pressão no interior do transformador, devido a curto-circuitos;
- Aumento de temperatura (2 níveis), devido a sobrecargas ou defeitos internos.

Quando alguns dos alarmes descritos acontecem vão dar ordem ao disjuntor que se encontra a montante para desligar.

O esquema unifilar do PT é o indicado na figura 4.5.

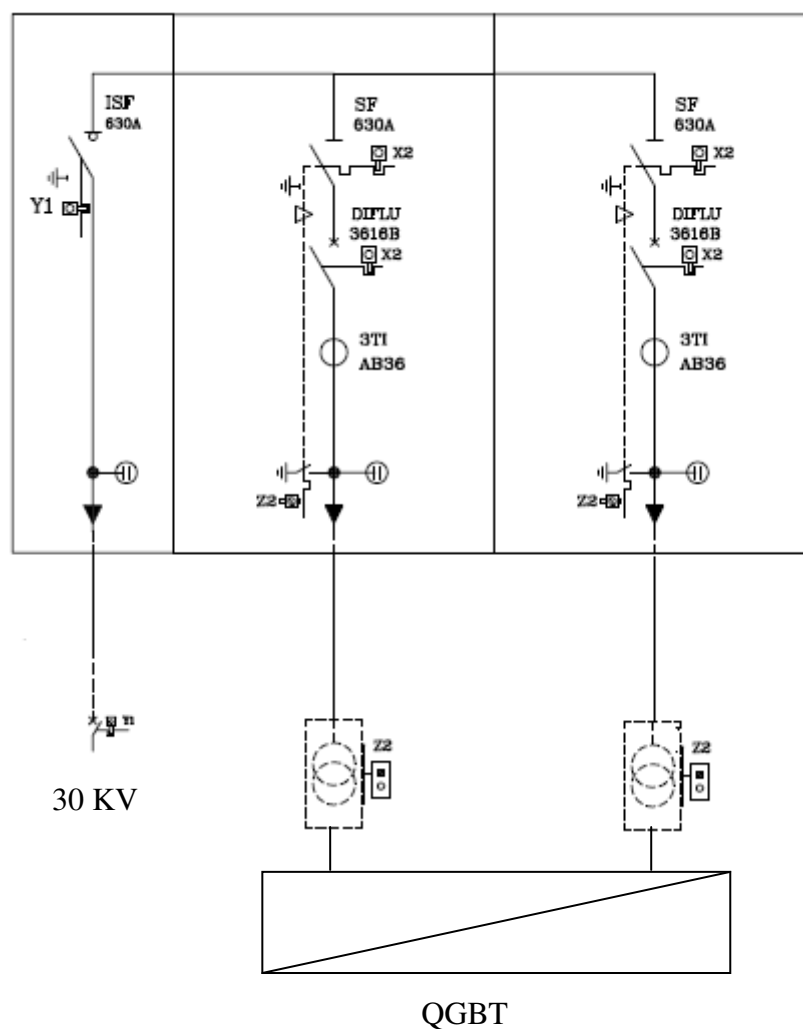


Figura 4.5 – Esquema unifilar MT do PT da DITA

## EXPLORAÇÃO DO PT

---

O acesso ao PT faz-se através de um portão de rede, de acesso restrito ao pessoal do departamento de manutenção eléctrica da Renova. Dentro deste encontram-se o monobloco de 30 KV e os transformadores de potência. Estes encontram-se no interior de uma estrutura fechada com portões de rede que só podem ser abertos mediante a retirada de uma chave que só consegue ser libertada quando este é desligado electricamente na cela DC.

Também neste caso, existe uma Análise e Avaliação de Riscos executada pela Renova, que permite identificar os perigos mais relevantes, os quais serão resumidos no Capítulo 6. A escolha do Posto de Transformação (PT) como objecto de análise deveu-se ao facto da construção de um novo PT, projectado para responder a um aumento de potência das instalações e, também, para melhorar as condições de segurança na exploração do mesmo. Também se tiveram em conta as consequências gravíssimas no caso de ocorrer um acidente com a média tensão. O objectivo concreto era o de verificar se todas as medidas de segurança tinham efectivamente sido incluídas na fase de projecto e se estavam a funcionar como previsto.

## DESCRIÇÃO DO PALETIZADOR DAS CAIXAS DE CARTÃO

---

A situação em análise neste caso está associada aos processos organizativos de paletização automática de caixas de cartão (referida no capítulo anterior) contendo diversos produtos.

Este sistema de paletização automática consta de duas linhas de paletização de caixas; uma do lado direito e outra do lado esquerdo, onde cada uma pode paletizar 11 produtos diferentes (Figura. 4.6). A chegada de diversos tipos de caixas, com produtos diferentes, e provenientes de máquinas diferentes faz-se por um tapete rolante central, que as encaminha até à entrada do paletizador.





Figura 4.6 - Vista Geral do Paletizador Central

Na entrada do Paletizador existe um sistema de leitura de código de barras que identifica os produtos a paletizar (Fig.4.7)



Figura 4.7 - Entrada do Paletizador Automático.

O sistema de controlo decide se a caixa que está a ler irá ser paletizada no lado esquerdo do paletizador ou no lado direito, consoante a definição introduzida pelo operador.

Cada paletizador é constituído por uma estrutura longitudinal, onde corre um braço robotizado que vai apanhar as caixas que estão numa roleira; estas são posteriormente identificadas por um leitor de código de barras, que as vai colocar numa das 11 paletes que estão a ser empilhadas.

Quando a paleta está cheia, é dada uma informação ao sistema, ao mesmo tempo que se acende uma luz avisadora de “paleta cheia”. Nessa altura o operador, com o auxílio de



um porta-paletes, retira a paleta cheia dessa posição e coloca uma vazia no seu lugar para voltar a paletizar.

Como já referido, a escolha deste processo para caso de estudo, deve-se ao facto do equipamento ter sido objecto de uma realocização e ter sido aumentada a sua altura. Para além disso, sendo esta máquina de 1985, foi necessário fazer a sua adaptação ao Decreto-Lei 50/2005. Por isto, considerou-se este equipamento/processo como sendo um bom candidato a um estudo de segurança mais aprofundado.

## Capítulo 5. APLICAÇÃO DO MÉTODO SFA

---

Neste capítulo abordar-se-á de uma forma detalhada a aplicação do método SFA, a uma única FS, para cada caso de estudo, com o objectivo de entender o seu funcionamento. As avaliações das restantes FS estarão resumidas nos apêndices A e B.

### 1º CASO DE ESTUDO – POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

---

Como já referido, far-se-á somente uma ilustração passo-a-passo da análise de uma FS. Seguir-se-ão para isso as etapas referidas em 3.2.

#### SELECCIONAR OS PERIGOS

---

A selecção dos perigos resultou da análise do mapa de avaliação de riscos da Renova para os postos de transformação, de onde foram retirados para este estudo os mais significativos. Estes são: o *choque eléctrico em MT*<sup>8</sup>, o *choque eléctrico em BT*<sup>9</sup> e o *incêndio/explosão*.

#### IDENTIFICAR AS FUNÇÕES DE SEGURANÇA NO PERIGO “CHOQUE ELÉCTRICO MT (EXEMPLO)

---

A abordagem seguida para a identificação das FS, no caso dos perigos de **choque eléctrico**, começou por identificar os modos possíveis de ocorrência de um choque eléctrico bem como os respectivos tipos de protecção. Estes são estabelecidos pela legislação em vigor, nomeadamente: as *Regras Técnicas das Instalações Eléctricas em Baixa Tensão (Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de Setembro)* e o *Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (INCM, 1985)*. Os tipos de protecção requeridos foram um auxiliar para identificar algumas das Funções de Segurança. Outras surgiram do grupo de trabalho criado para o efeito e já referido anteriormente. Foram identificadas nesta etapa 59 FS.

#### ESTRUTURAR, CLASSIFICAR E AVALIAR AS FUNÇÕES DE SEGURANÇA

---

Depois de identificadas as FS para cada perigo, estas foram classificadas em 5 grupos: *Contenção do Perigo; Automação e Controlo, Procedimentos Informais; Procedimentos Formais e Redução das Consequências*. Posteriormente, e para cada um dos três

---

<sup>8</sup> MT- Média Tensão

<sup>9</sup> BT- Baixa Tensão

perigos, procedeu-se à avaliação de cada uma das FS, segundo a *intenção*, a *importância* e a *eficiência*. Como exemplo, as avaliações das FS, para o perigo “*choque eléctrico em MT*”, encontram-se representadas na tabela 5.1

Para um melhor entendimento do processo de avaliação das FS seguir-se-á a avaliação de uma FS concreta, a título ilustrativo.

Considere-se a FS “*Encravamentos mecânicos com chave*” (marcada com uma seta na tabela 5.1). Os encravamentos mecânicos com chave só permitem efectuar determinadas manobras quando outras já foram cumpridas, de modo a impedir acções inadvertidas que possam causar risco de contacto directo com a corrente eléctrica. As manobras que se vão realizando vão permitir retirar/encravar chaves em fechaduras, que só saem quando a tarefa anterior está cumprida.

A título de exemplo: suponhamos que se quer entrar dentro de uma cela onde se encontra um transformador de média tensão (30 KV).

Para esta abrir precisamos de uma chave que se encontra “presa” na cela de MT do monobloco de 30 KV (ver figura 5.1).



Figura 5.1 - Exemplo de encravamentos mecânicos no disjuntor MT

Para obter essa chave temos de proceder do seguinte modo:

- 1.º Desligar o **Disjuntor de Baixa Tensão** do Transformador de Potência correspondente (no QGBT) e soltar a **chave X1** correspondente;
- 2.º Desligar o **Disjuntor Q1 (na cela de MT)** no manípulo de comando. Introduzir a **chave X1** na respectiva fechadura e rodá-la. Com o **Disjuntor Q1** desligado, rodar o respectivo manípulo de comando, no sentido horário, até libertar a **chave X2**

- 3.º Inserir a **chave X2** no comando do **Seccionador SF** e desencravá-lo, ficando a chave presa.
- 4.º Inserir a alavanca no **Seccionador SF** e abri-lo;
- 5.º Inserir a alavanca no **Seccionador de Terra** e fechá-lo. Nesta posição a **chave Z2** vai-se libertar, permitindo abrir a respectiva porta de acesso ao transformador e ter acesso ao interior da cela.

Como se depreende, o acesso ao interior de uma cela dum transformador, com ele em tensão, é muito dificultado pela FS em análise. A sua avaliação justifica-se da seguinte maneira:

- A **intenção** com que se desenharam estes encravamentos foi efectivamente para a segurança, logo a sua classificação de “**3**”;
- Este tipo de encravamento é de **grande importância** para a segurança pois evita as manobras inadvertidas, logo a sua classificação “**4**”;
- A avaliação da **eficiência** em “**Alta**” deveu-se à resposta afirmativa às 4 perguntas seguintes:
  - Existem encravamentos mecânicos nas portas e aparelhagem?
  - Funcionam adequadamente?
  - As fechaduras/chaves estão em bom estado?
  - As fechaduras/chaves são únicas?

Este exemplo serve para ilustrar o princípio de funcionamento da metodologia e a forma de avaliar uma FS. As questões a colocar para a avaliação da eficiência dependem de cada FS.

## PROPOR MELHORIAS

---

Como já referido, o critério de aceitabilidade de cada FS é o sugerido por Harms-Ringhdal (2001). Esta aceitabilidade (ou não) vai depender essencialmente dos factores *importância* e *eficiência* de cada FS, originando um plano de acção concreto (última coluna da tabela 5.1). Nessa última coluna, para cada FS é atribuído um *código* que indicará qual(ais) o(s) requisito(s) necessário(s) para que a respectiva FS tenha uma eficiência alta e qual(ais) será(ão) a(s) acção(ões) a tomar em cada caso. Na(s) acção(ões) são usados verbos de acção, como por exemplo: Manter; Verificar; Realizar; Comprar; Colocar, etc.

A tabela 5.2 mostra um exemplo destas medidas, nomeadamente para o caso concreto da FS “*encravamentos mecânicos com chave*” (vide cod. f).

Justifica-se assim a acção manter e verificar, devido ao facto de já existem fechaduras de encravamento com chave e estarem em bom estado, bastando então mantê-las em bom estado de conservação; quando se fazem anualmente as paragens para manutenção deve-se testar a sua boa operacionalidade. Para que esta tarefa não seja esquecida está criada uma ordem de trabalho anual para esta actividade no sistema de gestão da manutenção da Renova.

Tabela 5.1 - Avaliação das Funções de Segurança para o perigo “choque eléctrico em MT


Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Choque eléctrico MT (Média Tensão)	Contacto directo	Isolamento das partes activas	Contenção do Perigo	Isolamento dos cabos MT	3	4	Alta	1	a
		Barreiras ou obstáculos		Monobloco fechado MT	3	4	Alta	1	b
		Dispositivos diferenciais		Porta das celas dos transformadores	3	4	Alta	1	c
	Contacto indirecto	Corte automático da alimentação		Accessibilidade ao PT	3	3	Média	2	d
		Utilização de equipamento da classe II		Utilização de EPI (luvas isolantes classe 4, capacete com viseira)	3	4	Média	2	e
		Locais não condutores		Encravamentos mecânicos com chave	3	4	Alta	1	f
		Ligação equipotencial local não ligado à terra		Ligações equipotenciais à terra	3	3	Média	2	g
		Separação eléctrica		Disjuntores de protecção aos transformadores	2	3	Média	2	h
		Ligação equipotencial suplementar		Iluminação de Emergência	1	3	Média	2	i
			Procedimentos Informais	Sinalização de aviso de "perigo de morte"	3	2	Baixa	2	j
				Circuitos correctamente identificados	1	3	Média	2	k
			Procedimentos Formais	Esquemas eléctricos actualizados no local	1	3	Média	2	l
				Procedimento de regras de utilização em MT	1	2	Média	1	m
				Formação em Riscos Eléctricos	1	3	Média	2	n
				Procedimento de funcionamento do PT	2	3	Média	2	o
				Registo de terras	1	2	Baixa	2	p
			Redução das Consequências	Regras de primeiros socorros - mod.488 da INCM	3	3	Média	2	q
				Stop de emergência do PT	3	3	Média	2	r
				Vara de salvamento	3	2	Baixa	2	s
				Socorristas credenciados 24h	3	3	Alta	1	t

Tabela 5.2 - Exemplo de Acções correctivas propostas para o perigo “choque eléctrico em MT

Código	Requisitos necessários para as FS para o choque eléctrico em Média Tensão (MT)	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	Todas as partes activas devem ser completamente isoladas por isolamento que apenas possa ser retirado por destruição.	<b>Manter</b> o bom estado de conservação do isolamento da cablagem. <b>Verificar</b> anualmente o seu estado.
<b>b</b>	O monobloco MT deve conserva-se em bom estado de conservação.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação do monobloco MT.
<b>c</b>	As portas de rede de acesso às celas dos transformadores devem possuir fechaduras de encravamento mecânico, com chaves, e manterem-se em bom estado de conservação.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das portas de rede de acesso às celas e o funcionamento correcto das fechaduras.
<b>d</b>	O acesso ao PT só deve realizar-se mediante chave que se encontra no chefe de turno e deve ser restrito aos colaboradores da manutenção eléctrica da Renova, salvo autorização pela chefia da mesma.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das portas de rede de acesso ao PT e o funcionamento correcto da fechadura. <b>Implementar</b> procedimento de acesso restrito aos PT.
<b>e</b>	Deve existir no local e em bom estado: luvas isolantes classe 4 (isolamento para 30 KV); tapete isolante; capacete com viseira. O seu uso é obrigatório aquando das manobras em média tensão.	<b>Verificar</b> o bom estado dos EPI referidos. <b>Colocar</b> sinalização de uso obrigatório dos EPI. <b>Sensibilizar</b> os operadores da manutenção eléctrica sobre o uso dos EPI.
<b>f</b>	Devem existir encravamentos mecânicos com chave, de modo a impedir manobras/intervenções inadvertidas	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das fechaduras de encravamento mecânico. <b>Testar</b> a sua funcionalidade anualmente.
<b>g</b>	Todas as estruturas metálicas (portas dos quadros, caminhos de cabos metálicos, caleiras metálicas) devem estar ligadas ao circuito de protecção.	<b>Implementar</b> as ligações equipotências das caleiras metálicas ao circuito de protecção. <b>Verificar</b> anualmente o bom estado das ligações equipotenciais à terra através do teste de continuidade.
<b>h</b>	Os disjuntores devem disparar aquando uma sobrecarga, um curto circuito ou uma ordem de protecção aos transformadores proveniente do relé DGPT2.	<b>Realizar</b> ensaios anuais de funcionalidade do relé DGPT2 para comprovar o disparo dos disjuntores em caso de actuação de uma protecção. <b>Realizar</b> ensaios anuais das protecções de sobrecarga e curto-circuito do relé SPAJ.
<b>i</b>	No PT deve existir um circuito de iluminação de emergência.	<b>Verificar</b> semestralmente a existência de lâmpadas fundidas no circuito de emergência. <b>Testar</b> semestralmente a funcionalidade do circuito de emergência.

## 2º CASO DE ESTUDO – PALETIZADORES DE CAIXAS

---

Também neste caso, e a título ilustrativo, far-se-á uma avaliação de uma FS específica, dos paletizadores de caixas. Para isso, seguir-se-ão também os passos referidos em 3.2.

### SELECCIONAR OS PERIGOS

---

Depois de analisado o mapa de avaliação de riscos da Renova para os paletizadores de caixas, seleccionaram-se para análise do SFA, os perigos mais significativos “*Contacto Mecânico*” e “*Choque eléctrico, incêndio e explosão*”. Estes perigos estão identificados nos Decreto-Lei 50/2005, pelos artºs 16 e artº 20, respectivamente.

### IDENTIFICAR AS FUNÇÕES DE SEGURANÇA NO PERIGO “CONTACTO MECÂNICO” (EXEMPLO)

---

A identificação das funções de segurança para este perigo, surgiram de três fontes:

- Da análise do Decreto-Lei, 320/2001 e do Decreto-Lei, 50/2005;
- Da análise funcional da máquina e do posto de trabalho;
- Da análise do procedimento de consignação do equipamento para manutenção.

Como já referido, a compilação das FS deste foi elaborada por um grupo de trabalho composto pelo autor deste trabalho, um electricista da Renova e pela Responsável pelo Sistema de Higiene e Segurança da Renova. Solicitou-se também para este grupo o responsável pelos paletizadores, para dar alguns esclarecimentos sobre o seu funcionamento.

Nesta fase foram identificadas 32 Funções de Segurança, 18 das quais relacionadas com o perigo “*contacto mecânico*” e as restantes 14 relativas ao perigo “*Choque eléctrico, incêndio e explosão*”

Importa salientar que a identificação das FS é um processo dinâmico, ou seja, sempre que se julgue pertinente, quer por uma alteração de layout duma máquina, quer porque simplesmente se identificaram mais FS ou alguma já existente deixou de ser pertinente, a listagem inicial pode ser alterada.



Neste caso de estudo as FS foram agrupadas em 4 grupos: *Contenção do Perigo*; *Automação e Controlo*, *Procedimentos Informais e Formais* e *Redução das Consequências*. A junção dos procedimentos informais e formais num só grupo deveu-se à dificuldade de fazer uma distinção clara entre eles. Depois de classificadas nos respectivos grupos, seguiu-se a fase da avaliação de cada uma das FS segundo os critérios: *intenção*, *importância* e *eficiência*. A tabela 5.3 mostra a avaliação das FS para o perigo “*Contacto Mecânico*”.

A escolha deste exemplo deveu-se ao facto destes riscos se associarem muito rapidamente às máquinas. De facto, cortes, entaladelas e esmagamentos surgem sempre que se fala em máquinas e aos riscos a ela associados. São, por isso, um dos riscos mais importantes a ter em conta quando se faz uma avaliação de riscos em máquinas. Segundo a legislação (§1.3.8. do DL 320/2001, ), todos os elementos móveis de transmissão (polias, correias, engrenagens, veios de transmissão, etc.) devem possuir barreiras físicas de protecção de modo a evitar contacto com a zona perigosa. Estes tipos de barreiras podem ser, fixas, móveis, reguláveis e dispositivos de protecção. Destas, as preferidas e privilegiadas deverão ser, sempre que possível, as fixas pois oferecem um maior grau de protecção e eficiência, uma vez que necessitam de uma ferramenta para a sua retirada.

Considere-se então, a título ilustrativo, a FS “*Protecções dos órgãos móveis* ” (identificada com uma seta na tabela 5.3). Para o estudo e avaliação desta FS efectuou-se uma visita ao local onde estão localizados os paletizadores de caixas. Após uma análise “in loco” da máquina verificou-se que algumas das protecções físicas, a alguns dos elementos móveis da mesma, não se encontram devidamente colocadas no local (ver exemplo figura 5.2) e que em outros ainda não existem (ver exemplo figura 5.3).

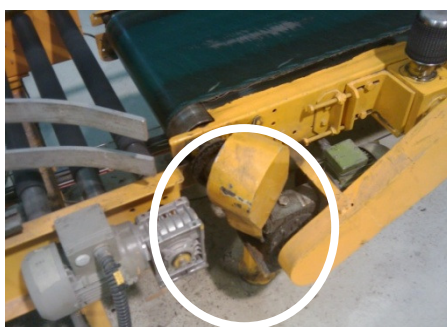


Figura 5.2 - Elemento móvel com barreira mal colocada

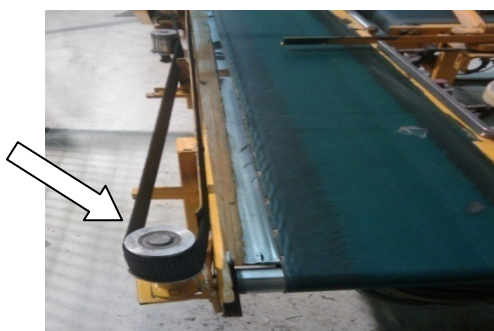


Figura 5.3 - Elemento móvel sem barreira

A avaliação desta FS efectuou-se da seguinte forma:

- A **intenção** com que se colocam estas barreiras físicas é efectivamente para a segurança, logo a sua classificação de “**3**”;
- Este tipo de protecção é de **grande importância** pois impossibilita o contacto físico com o elemento móvel, portanto a sua classificação “**4**”;
- A avaliação da **eficiência** em “**média**” deveu-se às seguintes respostas:
  - Existem barreiras para impedimento de contacto com órgãos em movimento?
    - Existem alguns pontos com protecção, contudo, alguns não estão colocados devidamente no local. (figura 5.2)
    - Existem pontos sem protecção (figura 5.3)
  - Estão acoplados solidamente à máquina?
  - Para serem retirados é necessário recorrer a uma ferramenta?
  - Se permitirem a introdução dos dedos, os pontos móveis encontram-se à distância suficiente (Norma NP EN 294)?
    - Algumas protecções, apesar de existirem não são adequadas, pois permitem a introdução dos dedos das mãos e em alguns casos permitem o contacto com a zona perigosa.

Este exemplo torna evidente a necessidade duma intervenção rápida (curto prazo), pois existem casos onde não existem barreiras, ficando os operadores expostos ao perigo de contacto mecânico.

Tabela 5.3 - Avaliação das Funções de Segurança para o perigo “Contacto Mecânico” nos paletizadores

Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Risco de Contacto Mecânico (artº 16 do DL 50/05)	Elementos cortantes, arestas vivas (§1.3.4. do DL 320/2001)	Barreiras Físicas	Contenção do Perigo	Barreiras físicas de acesso à zona de paletização	3	3	Média	2	a
	Zonas de esmagamento	Barreiras Funcionais		Protecções dos órgãos móveis	3	4	Média	2	b
	Zonas de arrastamento, enrolamento e entalamento	Barreiras Simbólicas		Protecções para impedir o acesso às correntes dos transportadores	3	4	Média	2	c
	Abrasamento ou fricção								
			Automação e Controlo	Sensor fotoeléctrico de impedimento de acesso à zona de paletização	3	4	Média	2	d
				Sistema de comando claramente visíveis e identificáveis	2	2	Média	1	e
				Dispositivos de comando fora das zonas perigosas	3	3	Alta	1	f
				Arranque de equipamento somente com uma acção voluntária	3	4	Alta	1	g
				Sistema de comando protegido contra arranque intempestivo	3	4	Alta	1	h
				Sistema de comando para paragem geral em segurança	2	3	Alta	1	i
				Dispositivos de paragem de emergência	3	4	Alta	1	j
			Procedimentos Informais e Formais	Existência de manual instruções da máquina	1	3	Média	2	k
				Existência de manual de manutenção	1	3	Média	2	l
				Pontos de regulação, lubrificação e manutenção fora das zonas perigosas	2	3	Média	2	m
				Procedimento de consignação de máquinas e equipamento	3	3	Média	2	n
				Plano de Inspeção e Ensaio	2	3	Média	2	o
				Formação dos operadores da máquina em segurança	2	3	Média	2	p
				Formação dos operadores da manutenção em segurança	2	3	Média	2	q
			Redução das Consequências	Socorristas credenciados 24h	3	3	Alta	1	r

## PROPOR MELHORIAS

---

Da mesma forma que o caso de estudo anterior, o critério de aceitabilidade de cada FS é o sugerido por Harms-Ringhdal (2001;2003a). Esta aceitabilidade, que dependente essencialmente da importância e da eficiência de cada FS, originou um plano de acção concreto (última coluna da tabela 5.3). Nessa última coluna, para cada FS é atribuído um *código* que indicará qual(ais) o(s) requisito(s) necessário(s) para que a respectiva FS tenha uma eficiência alta e qual(ais) será(ão) a(s) acção(ões) a tomar em cada caso.

Na(s) acção(ões) são usados verbos de acção, como por exemplo: Manter; Verificar; Realizar; Comprar; Colocar, etc.

A tabela 5.4 mostra um exemplo destas medidas, nomeadamente para o caso concreto da referida FS (*vide* cod. b).

Como já referido, existem algumas protecções (barreiras físicas) que, ou estavam mal colocadas ou não existiam. Ora, como acção correctiva proposta, a curto prazo devem-se fixar devidamente as protecções existentes e colocar novas onde não existem. Para, de uma forma sistemática, fazer a avaliação do estado concreto dos paletizadores, para esta FS, foi elaborada uma Checklist de todos os pontos com acesso a partes móveis, e para cada caso, elaborado um plano de acção. Essa checklist tem uma periodicidade trimestral de verificação. A tabela 5.5 mostra esta checklist.

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

---

O conteúdo deste capítulo tem um cariz essencialmente ilustrativo. Apresenta o “modus operandi” da aplicação do método SFA – Safety Functions Analysis – aos dois casos de estudo propostos neste trabalho. Para cada caso foi avaliada uma determinada função de segurança, mostrando e justificando, passo-a-passo, cada um dos critérios: *intenção*, *importância* e *eficiência*.

Tabela 5.4 - Exemplo de Acções correctivas propostas para o perigo “Contacto Mecânico” nos paletizadores

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo "Contacto Mecânico"	Accões Correctivas propostas
a	A zona de paletização deve ter barreiras físicas (jerseys ou protectores de rede fixos) onde não se necessite uma intervenção diária por parte dos operadores.	<b>Melhorar</b> zonas onde ainda é possível entrar pessoas para a zonas da paletização. <b>Fechar</b> porta de acesso e <b>implementar</b> nesta um sistema de comando com dispositivos de encravamento.
b	Todos os elementos móveis de transmissão (polias, correias, engranagens, veios de transmissão, etc.) devem possuir barreiras físicas de protecção de modo a evitar o contacto com a zona perigosa.	<b>Repor</b> algumas protecções de polias e de veios de transmissão. <b>Colocar</b> chapas onde necessário. <b>Fazer</b> uma <u>checklist</u> de todos os locais com elementos móveis para melhorar.
c	Todos os elementos móveis de transmissão (polias, correias, engranagens, veios de transmissão, etc.) devem possuir barreiras físicas de protecção de modo a evitar o contacto com a zona perigosa.	<b>Repor</b> algumas protecções de polias e de veios de transmissão. <b>Colocar</b> chapas onde necessário. <b>Fazer</b> uma checklist de todos os locais com elementos móveis para melhorar.
d	O sistema deve interromper a operação da máquina se for detectado uma violação da zona perigosa.	<b>Substituir</b> fotocélula de impedimento à zona de paletização por outro sistema mais eficiente.
e	Os dispositivos de comando devem ser claramente visíveis e identificáveis (§1.2.2 do DL 103/2008 e artº 11º-1 do DL 50/2005).	<b>Traduzir</b> para português alguns comandos.
f	Os dispositivos de comando devem estar colocados fora das zonas perigosas (§1.2.2 do DL 103/2008 e artº 11º-1 do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
g	O arranque de uma máquina só deve ser efectuado por acção voluntária num dispositivo de comando, após uma paragem, seja qual for a sua origem (§1.2.3 do DL 103/2008 e art 12º do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
h	Os sistemas de comando devem ser concebidos de modo a que a máquina não arranque de forma intempestiva (§1.2.1 do DL 103/2008 e art 11º do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
i	Cada paletizador deve estar equipado com um dispositivo de comando que permita a sua paragem total em condições de segurança (§1.2.4 do DL 103/2008 e artº 13 do DL 50/2005)	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
j	Cada paletizador deve estar equipado com um ou vários dispositivos de paragem de emergência (§1.2.4.3 do DL 103/2008 e artº 13 do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.

Tabela 5.5 - Exemplo de Checklist para verificação de barreiras em elementos móveis

[illegible]

## Capítulo 6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

---

No capítulo anterior demonstrou-se a aplicação do método SFA a duas FS específicas, a título ilustrativo, referentes aos dois casos de estudo. Neste capítulo apresentar-se-ão os resultados globais obtidos pela sua aplicação. Também se apresentará, para efeitos comparativos, a avaliação de riscos da Renova para os mesmos perigos.

### MÉTODO W. FINE

---

Este subcapítulo pretende mostrar o procedimento de identificação de perigos e avaliação de riscos utilizado na Renova para uma posterior comparação com o método SFA.

Este método baseia-se na identificação de perigos mediante as tarefas que se pretendem realizar e dos equipamentos necessários para realização das mesmas. Dessas informações, identificam-se os perigos, as consequências possíveis se um acidente acontecer, e as suas causas prováveis. Com esta informação, e para cada combinação consequência/causa de cada perigo, procede-se à sua avaliação conforme o descrito no Capítulo 3.

Como exemplo demonstrativo, usar-se-á somente o caso do perigo de choque eléctrico em média tensão. Assim sendo, a tabela 6.1 mostra-nos um extracto da tabela *de avaliação de riscos para o perigo de choque eléctrico em MT no Posto de Transformação DITA* (1º caso de estudo). Nela podemos verificar, por exemplo, as actividades associadas às manobras em média tensão e as causas prováveis para o risco dum choque em média tensão, bem como a avaliação dos respectivos riscos. Assim, no exemplo referido, verifica-se que o choque eléctrico em média tensão tem duas possibilidades de acontecer: *incumprimento das regras de segurança e/ou equipamento deficiente*.

Para cada uma dessas possibilidades, o **Nível de Risco** estimado foi de **180**, logo o **Tipo de Controlo** é do tipo **IV**. Este tipo de controlo indica-nos que (tabela 3.5):

- A situação está controlada;
- Só é necessário intervir se existir capacidade e oportunidade de melhoria;
- A actividade deve ser monitorizada.

Tabela 6.1- Tabela de avaliação de riscos para o perigo choque eléctrico em MT (Renova, extracto)

Atividade/Procedimento	IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS							Função abrangida						AVALIAÇÃO DOS RISCOS							NÍVEL DE CONTROLE A IMPLEMENTAR/OBSERVAÇÃO				
	Sub-atividade/Tarefa	Equipamento/Infra-estrutura associada	Área/Seção	Linha/Máquina/Local	Perigo Identificado	Consequência Possível	Causa Possível	Documentar Associação	Outra	Sancionista	Equip. de Proteção	RDS-MTE	GS-MTE	GM-MTE	Operador MTE	PROBABILIDADE - Nível de DEFICIÊNCIA & Nível de EXPOSIÇÃO/FREQUÊNCIA			NÍVEL DE RISCO - INPRONG	Tipo de Controle					
																Nível de Deficiência da condição de trabalho	Nível de Exposição/Frequência	NÍVEL DE PROBABILIDADE							
P.T. Transformação, P.T. Armazem Alfa, P.T. Reciclagem, P.T. Cogeração e P.T. MP 5																									
Manutenção de equipamentos de média tensão	Limpeza do reator/desjuntor, desjuntor e transformador	Ferramenta	MTE	PT	Contato com elemento cartante	Cabo, entalamento	Ata insegura	-					X	X	-	1	2	2	25	50	Y			-	
							Ferramenta danificada	-					X	X	-	1	2	2	25	50	Y			-	
	Ligar e desligar cabos elétricos	Transformador	MTE	PT	Contato com elemento cartante	Cabo, entalamento	Ata insegura	-					X	X	-	1	2	2	25	50	Y			-	
							Ferramenta danificada	-					X	X	-	1	2	2	25	50	Y			-	
	Substituição de reator/desjuntor, desjuntor e transformador	Empilhador	MTE	PT	Manutenção mecânica do cabo	Queda do cabo	-				X	X	X	-	1	2	2	25	50	Y			-		
						Choque entre o equipamento ou estrutura	-				X	X	X	-	1	2	2	25	50	Y			-		
						Incumprimento das regras de circulação	-				X	X	X	-	1	2	2	60	120	IV			-		
						Atrapalhamento	-				X	X	X	-	1	2	2	60	120	IV			-		
Manobra de reator/desjuntor	reator/desjuntor	MTE	PT	Equipamento em média tensão elétrica	Exploração	Incumprimento das regras de segurança	-				X	X	X	-	1	2	2	90	180	IV			-		
						Equipamento deficiente	-				X	X	X	-	1	2	2	90	180	IV			-		
					Choque elétrico	Incumprimento das regras de segurança	-				X	X	X	-	1	2	2	90	180	IV			-		
						Equipamento deficiente	-				X	X	X	-	1	2	2	90	180	IV			-		
					Oscilométrico	Incumprimento das regras de segurança	-				X	X	X	-	1	2	2	90	180	IV			-		
						Equipamento deficiente	-				X	X	X	-	1	2	2	90	180	IV			-		
						Lesão ocular	Incumprimento das regras de segurança	-				X	X	X	-	1	2	2	60	120	IV			-	
							Equipamento deficiente	-				X	X	X	-	1	2	2	60	120	IV			-	
Manobras de baixa tensão e Manutenção de equipamento	Ferramenta	MTE	PT	Contato com elemento cartante	Cabo, entalamento	Ata insegura	-				X	X	X	-	1	3	3	25	75	Y			-		
						Ferramenta danificada	-					X	X	X	-	1	3	3	25	75	Y			-	
	Despiques de avarias e substituição do equipamento, Manobra do desjuntor, reator/desjuntor e fusível	Equipamento elétrica	MTE	PT	Equipamento em tensão elétrica	Exploração	Incumprimento das regras de segurança	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	90	270	IV			-	
							Equipamento deficiente	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	90	270	IV			-	
						Choque elétrico	Incumprimento das regras de segurança	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	90	270	IV			-	
							Equipamento deficiente	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	90	270	IV			-	
						Oscilométrico	Incumprimento das regras de segurança	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	90	270	IV			-	
							Equipamento deficiente	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	90	270	IV			-	
							Lesão ocular	Incumprimento das regras de segurança	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	60	180	IV			-
								Equipamento deficiente	PT.MTE.400				X	X	X	-	1	3	3	60	180	IV			-



Deste método, os diversos tipos de controlo (I a V) sugerem diversas acções, consoante o nível de risco avaliado. Conforme se pode verificar, esta metodologia dá-nos uma abordagem semi-quantitativa para avaliação de riscos. São atribuídos índices às situações de risco previamente identificadas, resultando numa hierarquização dos riscos, com o objectivo de definir e a implementar um conjunto de acções preventivas e correctivas.

## METODO SFA

Este subcapítulo pretende mostrar, de forma agregada, os resultados obtidos na aplicação do método SFA aos casos de estudo.

## SÍNTESE DOS RESULTADOS DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

No Capítulo 5 demonstrou-se a aplicação do método SFA a uma FS específica, a título de exemplo. Neste apresentam-se os resultados globais da aplicação do método aos perigos considerados mais críticos, nomeadamente: o *choque eléctrico em BT*; o *choque eléctrico em MT* e o de *incêndio/explosão*. As respectivas FS e as correspondentes avaliações encontram-se detalhadas no Apêndice A. Desses perigos identificaram-se, no total, 59 Funções de Segurança, distribuídas como mostra a tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Resumo da avaliação das FS no Posto de Transformação<sup>(a)</sup>

GRUPO	Funções de Segurança						
	Choque em Baixa Tensão			Choque em Média Tensão		Incêndio/Explosão	
	Total	n1	(%)	n2	(%)	n3	(%)
Contenção do Perigo	15	6	10%	5	8%	4	7%
Automação e Controlo	15	5	8%	4	7%	6	10%
Procedimentos Informais	5	2	3%	2	3%	1	2%
Procedimentos Formais	12	4	7%	5	8%	3	5%
Redução das Consequências	12	4	7%	4	7%	4	7%
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>21</b>	<b>36%</b>	<b>20</b>	<b>34%</b>	<b>18</b>	<b>31%</b>

(a) – Nota: **n1**, **n2** e **n3** correspondem ao nº de FS em cada categoria de perigos e % a sua relação percentual com o total de FS

Da tabela anterior pode-se constatar que a distribuição das FS para cada perigo é muito idêntica. Desta também se pode verificar que o perigo incêndio/explosão, assume um “peso” tão importante (31% das FS) como os perigos que directamente se relacionam quando se fala de postos de transformação de energia eléctrica: o choque eléctrico. Também importa ressaltar a importância dos procedimentos formais e informais, bem como o da redução das consequências. Estes três grupos, normalmente não evidenciados no projecto de um PT, assumem quase metade (29) da totalidade das FS (59). As outras 30 FS dizem respeito a

questões técnicas e de projecto. Acentua-se aqui já uma vantagem declarada deste método, pois coloca em evidência questões organizacionais para a segurança.

Como já referido, este PT é novo; foi construído recentemente sob especificação de projecto onde, aparentemente, já se contemplavam todos os requisitos de segurança técnicos e legais. O principal objectivo, neste caso, foi o de avaliar se tudo estava efectivamente implementado e em boas condições de funcionamento. Não constituiu por isso surpresa o facto de muitas recomendações (23) serem do tipo “*manter*” ou “*manter e verificar*”. A tabela 6.3 mostra um resumo das recomendações propostas para este caso de estudo. Dele podemos constatar que, apesar das circunstâncias especialmente favoráveis, a aplicação da metodologia permitiu detectar 36 situações que não estavam suficientemente acauteladas e que careciam de acção correctiva ou de melhoria, ou seja, são necessárias *melhorar* 15 FS e criar 21 *novas*. Por exemplo, uma das FS que não existe no PT, é a “**vara de salvamento**” (tabela A.2). Deste modo a acção correctiva correspondente é adquirir uma e informar/explicar os colaboradores da manutenção eléctrica da sua existência e funcionamento (tabela A.5a, item “s”).

Tabela 6.3 - Resumo das recomendações propostas para o Posto de Transformação

GRUPO	Funções de Segurança			
	Total de FS	Manter	Necessárias melhorias	Novas medidas
Contenção do Perigo	15	7	5	3
Automação e Controlo	15	6	4	5
Procedimentos Informais	5	0	2	3
Procedimentos Formais	12	5	4	3
Redução das Consequências	12	5	0	7
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>21</b>

A tabela 6.4 resume as prioridades das acções correctivas propostas consoante os grupos onde estão inseridas as FS.

Tabela 6.4 - Resumo das acções correctivas propostas para o Posto de Transformação

GRUPO	Funções de Segurança - acções correctivas propostas (prioridades)								
	Choque em Baixa Tensão			Choque em Média Tensão			Incêndio/Explosão		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Contenção do Perigo	2	4	0	3	2	0	2	2	0
Automação e Controlo	2	3	0	1	3	0	3	1	2
Procedimentos Informais	0	2	0	0	2	0	0	1	0
Procedimentos Formais	1	3	0	1	4	0	3	0	0
Redução das Consequências	1	3	0	1	3	0	3	1	0
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

Os resultados obtidos, *per si*, demonstram a vantagem do método, que será em breve aplicado aos restantes PT da empresa.

## SÍNTESE DOS RESULTADOS DO PALETIZADOR DE CAIXAS

Neste subcapítulo apresenta-se a síntese dos resultados derivados da aplicação do método SFA aos paletizadores de caixas. Os perigos considerados para este caso de estudo, foram, como já se referiu anteriormente, os de “*Contacto Mecânico*” e “*Choque eléctrico, incêndio e explosão*”. As FS identificadas para cada perigo encontram-se detalhadas no Apêndice B, bem como a sua respectiva avaliação. Resumidamente, para os perigos referidos foram identificadas no total 32 Funções de Segurança, distribuídas como mostra a tabela 6.5.

Tabela 6.5 - Resumo da avaliação das FS dos paletizadores de caixas<sup>(b)</sup>

GRUPO	Funções de Segurança				
		Contacto mecânico		Choque eléctrico, incêndio e explosão	
	Total	n1	(%)	n2	(%)
Contenção do Perigo	8	3	9%	5	16%
Automação e Controlo	11	7	22%	4	13%
Procedimentos Informais e Formais	11	7	22%	4	13%
Redução das Consequências	2	1	3%	1	3%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>56%</b>	<b>14</b>	<b>44%</b>

(b) Nota: **n1** e **n2** correspondem ao nº de FS em cada categoria de perigos e % a sua relação percentual com o total de FS.

Deste exemplo, pode-se também verificar que para o perigo “*contacto mecânico*”, foram identificadas uma maior percentagem de FS para os grupos *automação e controlo* e *procedimentos informais e formais*. Esta situação deve-se ao facto da maioria das FS identificadas estarem contempladas na legislação. Também, uma vez mais, se nota a importância que este método dá às questões organizacionais da empresa, pois temos 8 FS (44%) onde questões como; procedimentos, manuais e formação são evidenciados. No perigo “*choque eléctrico, incêndio e explosão*”, também temos uma contribuição importante nas FS pertencentes às questões organizacionais (36%).

A tabela 6.6 indica um resumo das recomendações para este caso de estudo. Esta “espelha” a idade da máquina, pois revela a quantidade de FS a necessitar de acções de melhoria (18) e FS novas a implementar (4). Temos assim 69% das FS a necessitar de melhoria ou a implementação de novas. Por exemplo, a FS “*Sistema de comando claramente visíveis e identificáveis*” (Tabela B.1 – item “e”) necessita de melhoria pois alguns dos comandos da máquina encontram-se em língua original do fabricante da máquina e outros nem existem. Logo, a acção correctiva é traduzir para português os comandos que estão em língua estrangeira. (Tabela B.3 – item “e”).

Tabela 6.6 - Resumo das recomendações propostas para os paletizadores das caixas

GRUPO	Funções de Segurança			
	Total de FS	Manter	Necessárias melhorias	Novas medidas
Contenção do Perigo	8	1	6	1
Automação e Controlo	11	6	4	1
Procedimentos Informais e Formais	11	1	8	2
Redução das Consequências	2	2	0	0
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>4</b>

A tabela 6.7 mostra o resumo das acções correctivas propostas, resultante da análise das FS, consoante a sua prioridade. Desta, também se conclui que o maior número de FS com prioridade “2” é do grupo dos procedimentos informais e formais.

Tabela 6.7 - Resumo das acções correctivas propostas para os paletizadores das caixas

GRUPO	Funções de Segurança - acções correctivas propostas (prioridades)					
	Contacto mecânico			Choque eléctrico, incêndio e explosão		
	1	2	3	1	2	3
Contenção do Perigo	0	3	0	1	4	0
Automação e Controlo	6	1	0	1	3	0
Procedimentos Informais e Formais	0	7	0	1	3	0
Redução das Consequências	1	0	0	1	0	0
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>0</b>

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os resultados globais da aplicação do SFA. Estes resultados comparados com o método de avaliação de riscos usado na Renova mostram a sua natureza mais específica. Os estudos apresentados constituem um exemplo prático de utilização do método SFA. Este, insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, apesar da sua aplicação ser mais específica quando comparado com outros métodos. O SFA tem como principal objecto de análise o “estado da segurança” através da avaliação das funções de segurança (existentes ou em falta no sistema). Pode dizer-se que oferece uma forma complementar e substancialmente diferente de “olhar para a questão”. Avalia a segurança instalada, em vez de avaliar o risco potencial.

Por ser de natureza mais especializada, requer geralmente mais tempo e mais recursos do que um método tradicional de “espectro largo”. A sua principal vantagem reside no facto de obrigar o analista a pensar de forma diferente e a identificar *funções segurança* que noutros métodos passam despercebidos. A identificação e a respectiva avaliação das FS tem uma

grande dependência do analista, por isso, é sempre conveniente criar um grupo de trabalho, de diferentes disciplinas, para que os resultados da análise sejam mais completos.

A prevenção de acidentes laborais tem sofrido uma evolução ao longo dos tempos, sempre com o objectivo de os evitar ou, se não for possível, minimizar os seus efeitos. Existem diversas técnicas de avaliação de riscos; umas são aplicadas antes dos acidentes acontecerem, ou seja, na fase de projecto/concepção ou na fase de funcionamento/exploração das instalações de máquinas, equipamentos ou sistemas, e outras são utilizadas depois dos acidentes acontecerem, resultantes duma investigação de acidentes.

Uma dessas técnicas foi desenvolvida a partir do ano 2000 por Harms-Ringdahl, utilizando o conceito de Função de Segurança, como elemento de trabalho para análise. É designada de *SFA – Safety Function Analysis*. É um método que, fazendo parte das metodologias de avaliação de riscos, tem a particularidade de ser mais específico, pois usa como ponto de partida, não todo o sistema, mas somente os perigos mais relevantes que os métodos clássicos encontraram. Depois, para cada um desses perigos, serão identificadas as respectivas Funções de Segurança, que serão avaliadas e tomadas as acções correctivas (ou não) julgadas necessárias.

O método SFA (Safety Function Analysis), objecto de desta dissertação, baseia-se na análise das funções de segurança. Um dos aspectos importantes para a identificação das funções de segurança é o estudo da legislação em vigor. Esta é uma ferramenta preciosa e também necessária. Outra fonte importante para identificar as funções de segurança num determinado perigo é através de reuniões de trabalho, especialmente quando acompanhadas por observação directa.

Para testar e apreciar esta novo método, foram seleccionados dois casos de estudos distintos. Um deles é um Posto de Transformação de Energia Eléctrica, construído recentemente, e outro, é um sistema de paletização de caixas de cartão, composto por dois paletizadores longitudinais. Este último sistema tem alguns anos de serviço e carece de um estudo mais aprofundado para a avaliação de riscos.

No primeiro caso de estudo, foram analisados três perigos identificados como sendo os mais críticos, onde foram avaliadas ao todo 59 Funções de Segurança, nas quais 21 ao perigo “Choque em Baixa Tensão”, 20 correspondem ao perigo “Choque em Média Tensão”, e 18 ao perigo “Incêndio/explosão”. Um aspecto importante verificado foi que, aproximadamente metade das FS identificadas (29) dizem respeito a questões organizacionais. Um outro aspecto

importante resultante da aplicação do SFA foi que, apesar do PT ter sido construído de novo, ainda assim foram identificadas 15 FS com necessidade de melhoria e 21 FS novas.

No segundo caso de estudo, foram analisados dois perigos: o “*contacto mecânico*” e o “*choque eléctrico, incêndio e explosão*”. No primeiro foram identificadas 18 FS e no segundo 14 FS. Aqui, ressalva-se a também a importância que este método dá às questões organizacionais, pois 44% das FS do primeiro perigo são devidas a procedimentos, manuais e formação. Também para o segundo perigo, 36% das FS são do mesmo tipo. No que toca às acções correctivas a implementar destaca-se o facto de 69% das FS, ou necessitam de melhoria ou são novas.

Com o desenvolvimento do estudo, a avaliação das funções de segurança e as acções correctivas propostas para cada caso, permitiram identificar as limitações e as vantagens do SFA. Assim como *limitações* podem-se referir:

- Por ser muito específico, e sendo necessário dar particular atenção à legislação para identificar as FS técnico/legais, é um processo mais moroso;
- Pelo atrás exposto os “analistas” das funções de segurança têm de ter conhecimentos mais profundos, quer em termos técnicos quer em termos legais (legislação aplicável);
- O SFA não cobre o sistema total, mas somente os riscos mais importantes, necessitando portanto de outra avaliação precedente. São necessários outros métodos de avaliação de riscos para avaliar a totalidade do sistema.

Como vantagens podem-se referir, essencialmente:

- O SFA põe em realce os aspectos organizacionais para a segurança;
- “Obriga” o analista a pensar de forma diferente e a identificar *funções segurança* que noutros métodos podem passar despercebidos;
- Avalia a segurança instalada, em vez de avaliar o risco potencial. Se considerarmos que “*Segurança = 1 – Risco*”, verifica-se que é um binómio muito parecido com o binómio da fiabilidade/falha (*fiabilidade = 1 – falha*), ou seja: se for avaliado pelas duas vertentes, devem ser complementares um do outro.

Pelos resultados atingidos e apresentados no primeiro caso de estudo, o autor deste trabalho irá aplicar esta metodologia a outros postos de transformação na Renova, cujas FS são as mesmas, mas a sua avaliação é diferente e consequentemente irá gerar acções correctivas distintas.

## REFERÊNCIAS

---

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- BSI - BS 8800 (2004). Guide to occupational health and safety management systems. British Standard Institutions, UK .
- Delvosalle, C., Fiévez, C., Pipart, A., Debray, B. (2006). ARAMIS project: A comprehensive methodology for the identification of reference accident scenarios in process industries. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 130(3), pp.200–219.
- Delvosalle, C., Fiévez, C., Pipart, A., Fabreg, J.C., Planas, E., Christou, M., Mushtaq, F. (2003). ARAMIS Project: Identification of reference accident scenarios in SEVESO establishments. *Safety and Reliability*, Bedford and Van Gelder, Lisse, 2003, pp.479-488.
- Dianous, V. & Fiévez, C. (2006). ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 130(3), pp.220-233.
- Duijm, N.J. (2009). Safety-barrier diagrams as a safety management tool. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol.94, pp.332– 341.
- Gomes, E. (2008). Acidentes de Trabalho com Máquinas: consequências da adopção e implementação de legislação comunitária relativa à integração de segurança na concepção de máquinas e à utilização de equipamentos de trabalho. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Harms-Ringdahl, L. (2001). Safety Analysis – Principles and Practice in Occupational Safety. 2<sup>nd</sup> Edition. Taylor & Francis, London.
- Harms-Ringdahl, L. (2003a). Assessing safety functions – results from a case study at an industrial workplace. *Safety Science* 41, Issue 8, 701-720.
- Harms-Ringdahl, L. (2003b). Investigation of barriers and safety functions related to accidents. Proceedings of ESREL 2003.
- Harms-Ringdahl, L. (2004). Assessing safety functions and barriers – Experiences from different Industrial Sectors. Proceedings of ESREL 2004, 100-109.
- Harms-Ringdahl, L. (2009). Analysis of safety functions and barriers in accidents. *Safety Science* 47, issue 3, 353-363.
- Hollnagel, E. (2004). Barriers and accident prevention. Ashgate Publishing Limited, England.
- Hollnagel, E. (2008). Risk + barriers = safety?. *Safety Science* 46, 221-229.
- IGT. Evolução histórica da IGT, Inspeção Geral do Trabalho. Acedido em 14-12-2008 em [www.igt.gov.pt](http://www.igt.gov.pt).



INCM (1985). Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento. Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa.

Jacinto, C. (2003). A Structured Method for the Investigation and Analysis of Occupational Accidents. School of Engineering; Mechanical & Manufacturing Engineering, September 2003, The University of Birmingham, UK

Kletz, Trevor A. (1999). Hazop and Hazan -Identifying and Accessing process industry hazards. *Institution of Chemical Engineers*, Rugby, UK.

Kumamoto, H. and Henley, E.J. (1996). Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. 2<sup>nd</sup> Edition, IEEE Press, New York

Möller, N. & Hansson, S.O. (2008). Principles of engineering safety: Risk and uncertainty reduction. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol.93(6), pp.776–783

NP 4397 (2008). Sistemas de gestão da segurança e saúde do trabalho. IPQ.

OHSAS 18001 (2007). Occupational health and safety management systems – Standard. British Standard Institutions.

Røed, W. & Vinnem, J.E. (2006a). Safety barrier performance diagrams - a contribution to accident investigations. *In: Safety and Reliability for Managing Risk*, Guedes Soares & Zio (Eds). ESREL 2006. Balkema, Taylor & Francis Group, London, Vol. 1, pp.55-62.

Røed, W. & Vinnem, J.E. (2006b). Evaluation of accidents and incidents in the offshore oil and gas industry by use of safety barrier performance diagrams. *In: Safety and Reliability for Managing Risk*, Guedes Soares & Zio (Eds). ESREL 2006. Balkema, Taylor & Francis Group, London, Vol. 1, pp.63-69.

Salvi, O. & Debray, B. 2006. A global view on ARAMIS, a risk assessment methodology for industries in the framework of the SEVESO II directive. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 130, pp.187-199

Sklet, S. (2006). Safety barriers: Definition, classification, and performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19 (2006), 494-506.

Veiga, R. (2006). Metodologias de Avaliação dos Riscos Profissionais. E-book, Verlag Dashöfer.

Vida Económica (1995). Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho – Legislação. Vida Económica, Porto, ISBN: 972-8175-54-X.

## LEGISTAÇÃO E DIRECTIVAS

---

Directiva 98/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Junho de 1998, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L207/1, 1998, relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes às máquinas.

Directiva 2001/45/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho de 2001, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L195/46, 2001, que altera a Directiva 89/655/CEE do Conselho relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho (2.<sup>a</sup> Directiva especial na acepção do n.º 1 do artigo 16.º da Directiva 89/391/CEE)

Directiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Maio de 2006, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 2006, relativa às máquinas e que altera a Directiva 95/16/CE.

Decreto-Lei n.º 320/2001, de 12 de Dezembro de 2001, Diário da República, 2001, relativo à colocação no mercado e a entrada em serviço das máquinas e dos componentes de segurança colocados no mercado isoladamente.

Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25 de Fevereiro de 2005, Diário da República, 1.<sup>a</sup> série – A, n.º40, 2005, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de trabalho.

Decreto-Lei n.º 103/2008, de 24 de Junho de 2008, Diário da República, 1.<sup>a</sup> série – n.º120, 2008, relativo à colocação no mercado e a entrada em serviço das máquinas bem como a colocação no mercado das quase – máquinas.

## Apêndice A - Tabelas com os resultados da aplicação do SFA ao Posto de Transformação de Energia Eléctrica

Tabela A.1 – Análise das Funções de Segurança do Posto de Transformação para o perigo “Choque Eléctrico em BT (Baixa Tensão)”

POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DA DITA									
Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Choque eléctrico BT (Baixa Tensão)	Contacto directo	Isolamento das partes activas	Contenção do Perigo	Isolamento dos cabos BT	3	4	Alta	1	a
		Barreiras ou obstáculos		Mangas isolantes	3	4	Média	2	b
		Dispositivos diferenciais		QGBT forma de construção tipo 3	3	4	Alta	1	c
				Accessibilidade à sala de quadros eléctricos	3	3	Média	2	d
				Utilização de equipamentos da classe II (duplo isolamento)	3	4	Média	2	e
				Utilização de EPI (luvas isolantes classe 0, capacete com viseira)	3	4	Média	2	f
	Contacto indirecto	Corte automático da alimentação	Automação e Controlo						
		Utilização de equipamento da classe II		Encravamentos mecânicos das portas	3	4	Alta	1	g
		Ligação equipotencial local não ligado à terra		Disjuntores diferenciais para corte automático dos respectivos circuitos para protecção de contactos indirectos	3	4	Média	2	h
		Separação eléctrica		Ligações equipotenciais à terra	3	3	Média	2	i
		Ligação equipotencial suplementar		Disjuntores/fusíveis de protecção contra sobreintensidades	2	3	Alta	1	j
		Locais não condutores		Iluminação de Emergência	2	3	Média	2	k
			Procedimentos Informais						
				Sinalização de segurança	3	2	Baixa	2	l
				QGBT e circuitos identificados/etiquetados correctamente nos circuitos	1	3	Média	2	m
			Procedimentos Formais						
				Esquemas eléctricos actualizados no local	1	3	Média	2	o
				Procedimento de regras de utilização	1	2	Média	1	p
				Formação em Riscos Eléctricos	2	3	Média	2	q
			Redução das Consequências	Formação sobre funcionamento das gavetas do QGBT	1	3	Média	2	r
				Regras de primeiros socorros	3	3	Média	2	s
				Stop de emergência do PT	3	3	Média	2	t
				Vara de salvamento	3	2	Baixa	2	u
				Socorristas credenciados 24 h	3	3	Alta	1	v

Tabela A.2 – Análise das Funções de Segurança do Posto de Transformação para o perigo “Choque Eléctrico em MT (Média Tensão)”

POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DA DITA									
Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Choque eléctrico MT (Média Tensão)	Contacto directo	Isolamento das partes activas Barreiras ou obstáculos Dispositivos diferenciais	Contenção do Perigo	Isolamento dos cabos MT	3	4	Alta	1	a
				Monobloco fechado MT	3	4	Alta	1	b
				Porta das celas dos transformadores	3	4	Alta	1	c
				Accessibilidade ao PT	3	3	Média	2	d
				Utilização de EPI (luvas isolantes classe 4, capacete com viseira)	3	4	Média	2	e
	Contacto indirecto	Corte automático da alimentação Utilização de equipamento da classe II Locais não condutores Ligação equipotencial local não ligado à terra Separação eléctrica Ligação equipotencial suplementar	Automação e Controlo	Encravamentos mecânicos com chave	3	4	Alta	1	f
				Ligações equipotenciais à terra	3	3	Média	2	g
				Disjuntores de protecção aos transformadores	2	3	Média	2	h
				Iluminação de Emergência	1	3	Média	2	i
			Procedimentos Informais	Sinalização de aviso de "perigo de morte"	3	2	Baixa	2	j
				Circuitos correctamente identificados	1	3	Média	2	k
			Procedimentos Formais	Esquemas eléctricos actualizados no local	1	3	Média	2	l
				Procedimento de regras de utilização em MT	1	2	Média	1	m
				Formação em Riscos Eléctricos	1	3	Média	2	n
				Procedimento de funcionamento do PT	2	3	Média	2	o
				Registo de terras	1	2	Baixa	2	p
			Redução das Consequências	Regras de primeiros socorros - mod.488 da INCM	3	3	Média	2	q
				Stop de emergência do PT	3	3	Média	2	r
				Vara de salvamento	3	2	Baixa	2	s
				Socorristas credenciados 24h	3	3	Alta	1	t

Tabela A.3 – Analise das Funções de Segurança do Posto de Transformação para o perigo “Incêndio/Explosão”

POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DA DITA									
Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Incêndio/explosão			Contenção do Perigo	Painéis anti-fogo entre as celas dos transformadores e o QGBT	2	4	Média	2	a
				Cobertura do tecto com painéis anti-fogo	2	4	Média	2	b
				Fossa para recolha de óleo	3	3	Alta	1	c
				Cuba dos Transformadores	1	2	Alta	1	d
			Automação e Controlo	Detectores de fumos	3	3	Baixa	3	e
				Central de incêndios	3	3	Baixa	3	e
				Sistema de Protecção dos Transformadores tipo DGPT2	3	4	Alta	1	f
				Disjuntores de protecção	3	3	Média	2	g
				Potência dos Transformadores	1	2	Média	1	h
				Secção da cablagem eléctrica	1	2	Média	1	i
			Procedimentos Informais	Procedimento em caso de disparo das protecções do transformador	1	3	Média	2	j
			Procedimentos Formais	Acções de comando e controlo - PEI da Renova	3	2	Média	1	k
				Ensaio Termografico	1	3	Alta	1	l
				Análise físico-química aos óleos dos transformadores	1	3	Alta	1	m
			Redução das Consequências	Uso de CO2 ou extintores de pó químico	1	3	Alta	1	n
				Brigadas de 1ª e 2ª intervenção da Renova	3	3	Alta	1	o
				Socorristas credenciados 24 h por dia	3	3	Alta	1	p
				Porta de saída de emergência	3	2	Baixa	2	q

Tabela A.4 – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque Eléctrico em BT (Baixa Tensão)”

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo de choque eléctrico em Baixa Tensão (BT)	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	Todas as partes activas devem ser completamente revestidas por isolamento que apenas possa ser retirado por destruição.	<b>Manter</b> o bom estado de conservação o revestimento isolante da cablagem. <b>Verificar</b> anualmente o seu estado.
<b>b</b>	As saídas dos circuitos com partes activas à vista devem ter mangas isolantes	<b>Colocar</b> mangas isolantes nas saídas nas condições referidas
<b>c</b>	Os quadros eléctricos devem ser de involucro isolante com IP >= IP2X .	<b>Manter</b> o estado de conservação do quadro
<b>d</b>	O acesso à sala de quadros eléctricos só deve realizar-se mediante chave que se encontra no chefe de turno e deve ser restrito aos colaboradores da manutenção eléctrica da Renova, salvo autorização pela chefia da mesma.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação da porta de acesso à sala de quadros eléctricos bem como verificar o funcionamento correcto da fechadura. <b>Implementar</b> procedimento de acesso restrito aos PT
<b>e</b>	Aquisição de quadros eléctricos e equipamentos com classe de isolamento II (duplo isolamento), cujas características são identificadas pela marcação com duplo quadrado (§413.2 do RTIEBT).	<b>Substituir</b> , sempre que o justifique, a aparelhagem eléctrica por outra com duplo isolamento
<b>f</b>	Quando existir risco de contacto directo com a corrente eléctrica, os operadores da MTE devem usar EPI	<b>Sensibilizar</b> os operadores da MTE para o uso de EPI
<b>g</b>	O acesso ao interior das "gavetas" de cada saída do QGBT só deverá ser possível com o disjuntor geral da respectiva "gaveta" desligado.	<b>Manter e Verificar</b> o estado de conservação e funcionamento dos encravamentos das gavetas.
<b>h</b>	Dotar os quadros eléctricos de dispositivos de protecção adequado, que interrompa a alimentação do circuito defeituoso num tempo inferior àquele em que a corrente de defeito pode causar efeitos fisiopatológicos ao corpo humano. Estes dispositivos serão do tipo diferenciais residuais (DDR), ou de dispositivos de protecção contra sobreintensidades; com disparo ao primeiro ou ao segundo defeito segundo o esquema de ligações à terra (TT, TN ou IT)	No regime TN (adoptado na Renova) a protecção contra contactos indirectos, nos quadros de potência de MCC (Motor Center Control), é assegurada pela protecção contra curto-circuitos. Nos quadros de iluminação e tomadas é assegurada por disjuntores diferenciais. Em ambos os casos <b>Manter e testar</b> os dispositivos diferenciais.

Tabela A.4a – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque Eléctrico em BT (Baixa Tensão)” – continuação

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo de choque eléctrico em Baixa Tensão (BT)	Accões Correctivas propostas
<b>i</b>	Todas as massas devem estar ligadas ao condutor de protecção.	<b>Realizar ensaios anuais</b> para comprovar a continuidade dos condutores de protecção e das ligações equipotenciais principais e suplementares (§ 612.2 do RTIEBT). <b>Ligar</b> as tampas metálicas das valas ao circuito de protecção.
<b>j</b>	Os condutores activos devem ser protegidos contra sobrecargas e contra curto-circuitos (§431.1 e 432.1 do RTIEBT).	<b>Manter</b> o estado de conservação dos disjuntores.
<b>k</b>	Dotar a instalação de iluminação de emergência.	<b>Verificar</b> semestralmente a existência de lâmpadas fundidas no circuito de emergência. <b>Testar</b> semestralmente a funcionalidade do circuito de emergência.
<b>l</b>	Dotar todos os quadros eléctricos de sinalização de "perigo de morte" e mantendo-a em perfeito estado de conservação. Colocar à entrada de cada sala eléctrica e PT sinalização de "proibição a entrada de pessoas não autorizadas"; "perigo de morte" e "Não apagar fogo com água".	<b>Colocar sinalização</b> de "perigo de morte" nas portas de acesso à cablagem eléctrica e mantê-la em bom estado.
<b>m</b>	Todos os circuitos nos quadros eléctricos e "gavetas" devem estar correctamente identificados	<b>Identificar</b> correctamente todos os circuitos.
<b>o</b>	Os esquemas eléctricos devem estar em cada quadro eléctrico.	<b>Colocar</b> os esquemas eléctricos actualizados no local e identificar adequadamente todos os circuitos.
<b>p</b>	Deve existir em cada sala de quadros eléctricos o manual de funcionamento de cada gaveta.	<b>Colocar</b> em cada sala de quadros eléctricos uma cópia do manual de funcionamento das gavetas.
<b>q</b>	Os colaboradores da manutenção eléctrica deve conhecer os riscos associados ao manuseamento com electricidade.	<b>Realizar</b> uma formação sobre riscos eléctricos aos colaboradores da Manutenção eléctrica.
<b>r</b>	Os colaboradores da manutenção eléctrica devem saber manusear correctamente o equipamento dos quadros eléctricos existentes no local.	<b>Realizar</b> uma formação prática aos colaboradores da manutenção eléctrica.



Tabela A.4b – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque Eléctrico em BT (Baixa Tensão)” – continuação

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo de choque eléctrico em Baixa Tensão (BT)	Accões Correctivas propostas
s	Em cada PT devem estar afixadas as regras de primeiros socorros na parede do PT, conforme mod. 488 da INCM.	<b>Colocar</b> as regras de primeiros socorros na parede do PT.
t	Deve existir em cada PT (na entrada) uma paragem de emergência de modo a desligar a montante todo o PT.	<b>Colocar</b> um stop de emergência no PT. <b>Testar</b> anualmente o seu funcionamento.
u	Cada PT deve possuir um dispositivo que permita, em segurança, afastar uma vítima de choque eléctrico desse local.	<b>Adquirir</b> uma vara de salvamento. <b>Informar</b> os colaboradores da MTE da sua existência e funcionamento.
v	A Renova deve ter socorristas 24 H por dia.	<b>Manter</b> as equipas de primeiros socorros.

Tabela A.5 – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque Eléctrico em MT (Média Tensão)”

Código	Requisitos necessários para as FS para o choque eléctrico em Média Tensão (MT)	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	Todas as partes activas devem ser completamente isoladas por isolamento que apenas possa ser retirado por destruição.	<b>Manter</b> o bom estado de conservação do isolamento da cablagem. <b>Verificar</b> anualmente o seu estado.
<b>b</b>	O monobloco MT deve conserva-se em bom estado de conservação.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação do monobloco MT.
<b>c</b>	As portas de rede de acesso às celas dos transformadores devem possuir fechaduras de encravamento mecânico, com chaves, e manterem-se em bom estado de conservação.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das portas de rede de acesso às celas e o funcionamento correcto das fechaduras.
<b>d</b>	O acesso ao PT só deve realizar-se mediante chave que se encontra no chefe de turno e deve ser restrito aos colaboradores da manutenção eléctrica da Renova, salvo autorização pela chefia da mesma.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das portas de rede de acesso ao PT e o funcionamento correcto da fechadura. <b>Implementar</b> procedimento de acesso restrito aos PT.
<b>e</b>	Deve existir no local e em bom estado: luvas isolantes classe 4 (isolamento para 30 KV); tapete isolante; capacete com viseira. O seu uso é obrigatório aquando das manobras em média tensão.	<b>Verificar</b> o bom estado dos EPI referidos. <b>Colocar</b> sinalização de uso obrigatório dos EPI. <b>Sensibilizar</b> os operadores da manutenção eléctrica sobre o uso dos EPI.
<b>f</b>	Devem existir encravamentos mecânicos com chave, de modo a impedir manobras/intervenções inadvertidas	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das fechaduras de encravamento mecânico. <b>Testar</b> a sua funcionalidade anualmente.
<b>g</b>	Todas as estruturas metálicas (portas dos quadros, caminhos de cabos metálicos, caleiras metálicas) devem estar ligadas ao circuito de protecção.	<b>Implementar</b> as ligações equipotências das caleiras metálicas ao circuito de protecção. <b>Verificar</b> anualmente o bom estado das ligações equipotenciais à terra através do teste de continuidade.
<b>h</b>	Os disjuntores devem disparar aquando uma sobrecarga, um curto circuito ou uma ordem de protecção aos transformadores proveniente do relé DGPT2.	<b>Testar</b> anualmente a funcionalidade do relé DGPT2 para comprovar o disparo dos disjuntores em caso de actuação de uma protecção. <b>Testar</b> também as protecções de sobrecarga e curto-circuito do relé SPAJ.
<b>i</b>	No PT deve existir um circuito de iluminação de emergência.	<b>Verificar</b> semestralmente a existência de lâmpadas fundidas no circuito de emergência. <b>Testar</b> semestralmente a funcionalidade do circuito de emergência.

Tabela A.5a – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque Eléctrico em MT (Média Tensão)” – continuação

Código	Requisitos necessários para as FS para o choque eléctrico em Média Tensão (MT)	Accões Correctivas propostas
<b>j</b>	Dotar na entrada no PT e nos diversos equipamentos MT com a sinalização de "Perigo de Morte" e mante-las em perfeito estado de	<b>Manter</b> toda a sinalização existente em bom estado de conservação. <b>Colocar</b> nova sinalização em cada cela de MT.
<b>k</b>	Todos os circuitos devem estar correctamente e inequivocamente identificados.	<b>Identificar</b> correctamente todos os circuitos.
<b>l</b>	Deve existir no PT os esquemas actualizados do mesmo (circuitos MT, BT e terras).	<b>Colocar</b> no PT uma pasta com os esquemas actualizados deste.
<b>m</b>	Os colaboradores da manutenção eléctrica devem conhecer os procedimentos gerais sobre as manobras em média tensão.	<b>Relembrar</b> aos colaboradores sobre o conteúdo deste procedimento onde se referem os cuidados a ter na exploração de um PT.
<b>n</b>	Todos os colaboradores da manutenção eléctrica devem conhecer os riscos eléctricos a que estão sujeitos na sua actividade.	<b>Realizar</b> uma formação sobre Riscos Eléctricos aos colaboradores da Manutenção Eléctrica.
<b>o</b>	Deve existir no local uma descrição sobre o funcionamento do PT, indicando as manobras necessárias para consignar/desconsignar a aparelhagem de média tensão.	<b>Colocar</b> descrição de funcionamento do PT junto de cada cela MT. <b>Realizar</b> de formação teórica e prática simulada sobre o funcionamento do PT aos colaboradores da Manutenção Eléctrica.
<b>p</b>	Deve existir no local uma lista de medições de terra actualizada (Estas medidas deverão ser feitas duas vezes por ano, uma no verão e outra no inverno. O seu valor não deve ser superior a 1 Ohm - regime TN (Terra pelo Neutro).	<b>Colocar</b> um quadro com esta lista actualizada.
<b>q</b>	Em cada PT devem estar afixadas as regras de primeiros socorros na parede do PT, conforme mod. 488 da INCM.	<b>Colocar</b> as regras de primeiros socorros na parede do PT.
<b>r</b>	Deve existir na entrada do PT uma paragem de emergência que desligue a montante todo o PT.	<b>Colocar</b> um stop de emergência na entrada do PT. <b>Testar</b> a sua funcionalidade anualmente.
<b>s</b>	O PT deve possuir uma vara de salvamento.	<b>Aquirir</b> uma vara de salvamento. <b>Informar</b> o colaboradores da manutenção eléctrica da sua existência e funcionamento.
<b>t</b>	A Renova deve ter socorristas na fábrica 24 h por dia.	<b>Manter</b> as equipas de primeiros socorros

Tabela A.6 – Acções correctivas propostas para o perigo “Incêndio/Explosão”

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo incêndio/explosão	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	Isolar as celas dos transformadores com paineis antifogo.	<b>Colocar</b> entre as celas dos transformadores paineis antifogo para evitar a propagação de um foco de incêndio ao outro transformador.
<b>b</b>	Colocar paineis antifogo no tecto das celas dos transformadores.	<b>Colocar</b> paineis antifogo no tecto das celas dos transformadores.
<b>c</b>	Todos os PT devem possuir uma fossa com capacidade para recolher todo o óleo do transformador em caso de derrame.	<b>Manter e Verificar</b> o estado de conservação da fossa
<b>d</b>	Os transformadores devem permanecer limpos e isentos de fugas de óleo.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de todos as juntas do transformador e realizar uma limpeza anual do mesmo.
<b>e</b>	Os PT devem ter um sistema de detecção de incêndios composto por detectores de incêndios e central de incêndios.	<b>Instalar</b> no PT detectores de fumos ligados a uma central de alarmes ligada ao chefe de turno.
<b>f</b>	O transformador deverá ter um dispositivo de monitorização da temperatura, pressão e libertação de gases. Esse dispositivo terá níveis de alarme e de disparo para cada uma das grandezas indicadas.	<b>Manter</b> em bom estado e <b>Realizar</b> ensaios anuais de funcionalidade ao relé DGPT2, para comprovar o disparo dos disjuntores em caso de actuação de uma protecção.
<b>g</b>	O disjuntor deverá obedecer às características indicadas no projecto electrotécnico do PT e funcionar quando em caso de sobrecargas, curto-circuitos e ordens de disparo provenientes da protecção dos transformadores.	<b>Realizar</b> ensaios anuais de funcionalidade do relé DGPT2 para comprovar o disparo dos disjuntores em caso de actuação de uma protecção. <b>Realizar</b> ensaios anuais das protecções de sobrecarga e curto-circuito do relé SPAJ.
<b>h</b>	O transformador deverá obedecer às características indicadas no projecto electrotécnico do PT. A sua chapa de características deve estar visível.	<b>Colocar</b> a chapa de características em local visível e de fácil leitura.
<b>i</b>	A cablagem eléctrica deverá obedecer às características indicadas no projecto electrotécnico do PT.	<b>Manter</b> a cablagem indicada no projecto. Qualquer alteração de carga nos circuitos deve ser informado o técnico responsável.
<b>j</b>	Em caso de disparo de protecções do transformador, proceder conforme o indicado no manual do transformador.	<b>Colocar aviso</b> para que em caso de disparo das protecções do transformador informar o técnico responsável.

Tabela A.6a – Acções correctivas propostas para o perigo “Incêndio/Explosão” - continuação

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo incêndio/explosão	Accões Correctivas propostas
<b>k</b>	Os colaboradores da MTE devem conhecer e agir segundo o Plano de Emergência Interno (PEI).	<b>Relembrar</b> os colaboradores sobre a existência do PEI, e como actual em caso de necessidade.
<b>l</b>	Realizar duas vezes por ano ensaios termográficos afim de detectar eventuais pontos quentes que originem incêndios.	<b>Manter</b> a regularidade destes ensaios.
<b>m</b>	Realizar anualmente ensaios fisico-quimicos ao óleo dos transformadores.	<b>Manter</b> a regularidade desta análise.
<b>n</b>	Cada PT deve possuir extintores de CO2.	<b>Manter</b> o estado de conservação dos extintores e <b>manter</b> a regularidade das manutenções.
<b>o</b>	Deve existir brigadas de 1ª e 2ª intervenção, 24 h por dia, para intervirem no caso de incêndio e/ou explosão.	<b>Manter</b> as brigadas de 1ª e 2ª intervenção e <b>realizar</b> simulacros.
<b>p</b>	A Renova deve ter socorristas na fábrica 24 h por dia.	<b>Manter</b> as equipas de primeiros socorros.
<b>q</b>	Os PT devem ter uma saída de emergência	<b>Substituir</b> a porta de acesso ao PT por uma com o sistema de saída de emergência

## Apêndice B - Tabelas com os resultados da aplicação do SFA aos a dos Paletizadores das Caixas

Tabela B.1 – Análise das Funções de Segurança dos Paletizadores de Caixas para o perigo “Contacto mecânico”

Paletizadores de Caixas									
Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Risco de Contacto Mecânico (artº 16 do DL 50/05)	Elementos cortantes, arestas vivas (§1.3.4. do DL 320/2001) Zonas de esmagamento Zonas de arrastamento, enrolamento e entalamento Abrasamento ou fricção	Barreiras Físicas	Contenção do Perigo	Barreiras físicas de acesso à zona de paletização	3	3	Média	2	a
		Barreiras Funcionais		Protecções dos órgãos móveis	3	4	Média	2	b
		Barreiras Simbólicas		Protecções para impedir o acesso às correntes dos transportadores	3	4	Média	2	c
			Automação e Controlo						
				Sensor fotoeléctrico de impedimento de acesso à zona de paletização	3	4	Média	2	d
				Sistema de comando claramente visíveis e identificáveis	2	2	Média	1	e
				Dispositivos de comando fora das zonas perigosas	3	3	Alta	1	f
				Arranque de equipamento somente com uma acção voluntária	3	4	Alta	1	g
				Sistema de comando protegido contra arranque intempestivo	3	4	Alta	1	h
				Sistema de comando para paragem geral em segurança	2	3	Alta	1	i
				Dispositivos de paragem de emergência	3	4	Alta	1	j
			Procedimentos Informais e Formais						
				Existência de manual instruções da máquina	1	3	Média	2	k
				Existência de manual de manutenção	1	3	Média	2	l
				Pontos de regulação, lubrificação e manutenção fora das zonas perigosas	2	3	Média	2	m
				Procedimento de consignação de máquinas e equipamento	3	3	Média	2	n
				Plano de Inspeção e Ensaio	2	3	Média	2	o
				Formação dos operadores da máquina em segurança	2	3	Média	2	p
				Formação dos operadores da manutenção em segurança	2	3	Média	2	q
			Redução das Consequências						
				Socorristas credenciados 24h	3	3	Alta	1	r

Tabela B.2 – Análise das Funções de Segurança dos Paletizadores de Caixas para o perigo “Choque eléctrico, incêndio e explosão”

Paletizadores de Caixas									
Metodologia Safety Function Analysis									
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção	
			Grupo	Designação	Intensão	Importância	Eficiência	Prioridade	Código
Choque eléctrico, incêndio e explosão (artº 20 do DL 50/05)	Electricidade estática	Isolamento das partes activas (RTIEBT §412.1) Barreiras ou obstáculos (RTIEBT §412.2 e §412.3) Contacto indirecto (RTIEBT§ 231.3) Dispositivos diferenciais Corte automático da alimentação Utilização de equipamento da classe II Locais não condutores Separação eléctrica Ligação equipotencial suplementar Ligação equipotencial local não ligado à terra	Contenção do Perigo	Isolamento dos cabos BT	3	4	Alta	1	a
				Seccionador Geral do Quadro Eléctrico	3	4	Média	2	b
				Utilização de equipamentos da classe II (duplo isolamento)	3	4	Média	2	c
				Barreiras para protecção contra contactos directos.	3	3	Média	2	d
				Utilização de EPI (luvas isolantes classe 0, capacete com viseira)	3	4	Média	2	e
			Automação e Controlo	Disjuntores diferenciais para corte automático dos respectivos circuitos para protecção de contactos indirectos	3	4	Média	2	f
				Ligações à terra de todas as partes condutoras expostas da máquina (estruturas do QE, calhas metálicas, estrutura tapetes, etc)	3	3	Média	2	g
				Disjuntores/fusíveis de protecção contra sobreintensidades	2	3	Alta	1	h
				Disjuntores Magnetotérmicos para protecção de sobrecarga e curto-circuitos dos motores	2	3	Média	2	i
			Procedimentos Formais e Informais	Sinalização de segurança	3	2	Baixa	2	j
				Circuitos eléctricos devidamente identificados	1	3	Média	2	k
				Esquemas eléctricos actualizados no quadro eléctrico	1	3	Média	2	l
			Redução das Consequências	Ensaio Termográficos	3	3	Alta	1	m
				Socorristas credenciados 24 h	3	3	Alta	1	n



Tabela B.3 – Acções correctivas propostas para o perigo “Contacto mecânico”

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo "Contacto Mecânico"	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	A zona de paletização deve ter barreiras físicas (jerseys ou protectores de rede fixos) onde não se necessite uma intervenção diária por parte dos operadores.	<b>Melhorar</b> zonas onde ainda é possível entrar pessoas para a zonas da paletização. <b>Fechar</b> porta de acesso e <b>implementar</b> nesta um sistema de comando com dispositivos de encravamento.
<b>b</b>	Todos os elementos móveis de transmissão (polias, correias, engranagens, veios de transmissão, etc.) devem possuir barreiras físicas de protecção de modo a evitar o contacto com a zona perigosa.	<b>Repor</b> algumas protecções de polias e de veios de transmissão. <b>Colocar</b> chapas onde necessário. <b>Fazer</b> uma <u>checklist</u> de todos os locais com elementos móveis para melhorar.
<b>c</b>	Todos os elementos móveis de transmissão (polias, correias, engranagens, veios de transmissão, etc.) devem possuir barreiras físicas de protecção de modo a evitar o contacto com a zona perigosa.	<b>Colocar</b> chapas de modo a proteger a zona das correntes. <b>Fazer</b> uma checklist de todos os locais com elementos móveis para melhorar.
<b>d</b>	O sistema deve interromper a operação da máquina se for detectado uma violação da zona perigosa.	<b>Substituir</b> fotocélula de impedimento à zona de paletização por outro sistema mais eficiente.
<b>e</b>	Os dispositivos de comando devem ser claramente visíveis e identificáveis (§1.2.2 do DL 103/2008 e artº 11º-1 do DL 50/2005).	<b>Traduzir</b> para português alguns comandos.
<b>f</b>	Os dispositivos de comando devem estar colocados fora das zonas perigosas (§1.2.2 do DL 103/2008 e artº 11º-1 do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
<b>g</b>	O arranque de uma máquina só deve ser efectuado por acção voluntária num dispositivo de comando, após uma paragem, seja qual for a sua origem (§1.2.3 do DL 103/2008 e art 12º do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
<b>h</b>	Os sistemas de comando devem ser concebidos de modo a que a máquina não arranque de forma intempestiva (§1.2.1 do DL 103/2008 e art 11º do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
<b>i</b>	Cada paletizador deve estar equipado com um dispositivo de comando que permita a sua paragem total em condições de segurança (§1.2.4 do DL 103/2008 e artº 13 do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.
<b>j</b>	Cada paletizador deve estar equipado com um ou vários dispositivos de paragem de emergência (§1.2.4.3 do DL 103/2008 e artº 13 do DL 50/2005).	<b>Manter</b> e <b>Monitorizar</b> o estado o seu bom funcionamento.

Tabela B.3a – Acções correctivas propostas para o perigo “Contacto mecânico” - continuação

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo "Contacto Mecânico"	Accões Correctivas propostas
<b>k</b>	Cada paletizador deve ter o manual de instruções em português e um manual na língua original (§1.7.4. do DL 103/2008).	<b>Providenciar</b> o manual de instruções em português junto de cada paletizador.
<b>l</b>	Cada paletizador deve ter o manual de manutenção em português e um manual na língua original (§1.7.4. do DL 103/2008).	<b>Providenciar</b> o manual de manutenção em português junto de cada paletizador.
<b>m</b>	Os pontos de regulação e de manutenção devem situar-se fora das zonas perigosas (§1.6.1 do DL 103/2008 e artº 19 do DL 50/2005).	<b>Modificar</b> ponto de lubrificação junto do tapete de entrada de caixas.
<b>n</b>	Cada acção de manutenção deve ser precedida de uma consignação do equipamento.	<b>Assegurar</b> o cumprimento do procedimento interno sobre consignação de equipamentos.
<b>o</b>	Cada máquina será alvo de Plano de Inspeção e Ensaio (PEI) onde conste o que se vai ver, o tipo de controlo, quais os procedimentos para efectuar o controlo e, quais os critérios de aceitação e rejeição (artº 6 e 7 do DL 50/2005).	<b>Implementar</b> um procedimento de PIE.
<b>p</b>	Todos os operadores dos paletizadores devem ter formação sobre o funcionamento/operação dos mesmos, bem como dos riscos a que estão sujeitos.	<b>Formar</b> os operadores sobre o funcionamento dos paletizadores, e consignação dos mesmos para manutenção.
<b>q</b>	Todos os operadores da manutenção devem ter formação sobre o funcionamento/operação dos paletizadores, bem como dos riscos a que estão sujeitos.	<b>Formar</b> os operadores da manutenção sobre os procedimentos de manutenção e consignação dos equipamentos.
<b>r</b>	A Renova deve possuir socorristas 24 h por dia	<b>Manter</b> as equipas de primeiros socorros.

Tabela B.4 – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque eléctrico, incêndio e explosão”

Código	Requisitos necessários para as FS para o perigo choque eléctrico, incêndio e explosão	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	Todas as partes activas da instalação devem ser completamente revestidas por um isolamento que apenas possa ser retirado por destruição. (§ 412.1 do RTIEBT).	<b>Manter</b> o bom estado do isolamento da cablagem. <b>Verificar</b> anualmente o seu estado.
<b>b</b>	Os quadros eléctricos devem possuir dispositivo de corte geral bloqueável da posição de desligado.	<b>Substituir</b> o seccionador existente por outro com possibilidade de bloqueio na posição de desligado.
<b>c</b>	Aquisição de quadros eléctricos e equipamentos com classe de isolamento II (duplo isolamento), cujas características são identificadas pela marcação com duplo quadrado (§413.2 do RTIEBT).	<b>Substituir</b> , sempre que o justifique, a aparelhagem eléctrica por com duplo isolamento.
<b>d</b>	Todas as partes activas da instalação devem estar totalmente protegidas de modo a evitar choques por contacto directo.	<b>Recolocar</b> alguns acrílicos nos quadros eléctricos.
<b>e</b>	Quando existir risco de contacto directo com a corrente eléctrica, os operadores da manutenção eléctrica devem usar EPI.	<b>Sensibilizar</b> os operadores da manutenção eléctrica para o uso dos EPI.
<b>f</b>	Dotar os quadros eléctricos de dispositivos de protecção adequado, que interrompa a alimentação do circuito defeituoso num tempo inferior àquele em que a corrente de defeito pode causar efeitos fisiopatológicos ao corpo humano. Estes dispositivos serão do tipo diferenciais residuais (DDR), ou de dispositivos de protecção contra sobreintensidades; com disparo ao primeiro ou ao segundo defeito segundo o esquema de ligações à terra (TT, TN ou IT).	No regime TN (adoptado na Renova) a protecção contra contactos indirectos, nos quadros de potência de MCC (Motor Center Control), é assegurada pela protecção contra curto-circuitos. Nos quadros de iluminação e tomadas é assegurada por disjuntores diferenciais. Em ambos os casos <b>Manter</b> e testar os dispositivos diferenciais.
<b>g</b>	As massas devem ser ligadas a condutores de protecção (§ 414.1.1.2 do RTIEBT).	<b>Ligar</b> todas as calhas eléctricas metálicas e estruturas dos tapetes ao circuito de protecção.
<b>h</b>	Os condutores activos devem ser protegidos contra sobrecargas e contra curto-circuitos (§431.1 e 432.1 do RTIEBT).	<b>Manter</b> o bom estado dos disjuntores.
<b>i</b>	Todos os motores devem ser protegidos contra sobrecargas e curtocircuitos.	<b>Verificar</b> e <b>Ajustar</b> correctamente a regulação dos disjuntores magnetotérmicos de cada motor.

Tabela B.4a – Acções correctivas propostas para o perigo “Choque eléctrico, incêndio e explosão” - continuação

<b>Código</b>	<b>Requisitos necessários para as FS para o perigo choque eléctrico, incêndio e explosão</b>	<b>Accões Correctivas propostas</b>
<b>j</b>	Todos os quadros eléctricos devem ter a sinalização de "Perigo de morte" e "Não apagar fogo com água".	<b>Colocar</b> nos quadros eléctricos a sinalização requerida.
<b>k</b>	Todos os circuitos devem estar correctamente e inequivocamente identificados	<b>Identificar</b> correctamente todos os circuitos.
<b>l</b>	Colocar os esquemas eléctricos actualizados no local e identificar adequadamente todos os circuitos.	<b>Colocar</b> nos quadros eléctricos dos paletizadores os respectivos esquemas eléctricos.
<b>m</b>	Realizar ensaios termográficos de modo a identificar eventuais pontos quentes, que possam originar incêndios e consequentemente curto-circuitos.	<b>Manter</b> a regularidade destes ensaios.
<b>n</b>	A Renova deve ter socorristas 24 H por dia.	<b>Manter</b> as equipas de primeiros socorros.

## Apêndice C - Publicação / Comunicação resultante desta dissertação

Aplicação do método SFA (Safety Function Analysis) a um posto de transformação de energia eléctrica da Renova. III Encontro Nacional de Riscos, Segurança e Fiabilidade (ENRSF), Lisboa, 3-5 Novembro, 2009.

## **APLICAÇÃO DO MÉTODO SFA (SAFETY FUNCTION ANALISYS) A UM POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA DA RENOVA**

*Filipe Carracinha<sup>1</sup> e Celeste Jacinto<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>Renova, Fábrica de Papel do Almonda, S.A.Zibreira, Torres Novas  
[filipe.carracinha@renova.pt](mailto:filipe.carracinha@renova.pt)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
[mcj@fct.unl.pt](mailto:mcj@fct.unl.pt)

<sup>3</sup>Grupo de Segurança, Fiabilidade e Manutenção do CENTEC, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal  
[mcjacinto@mar.ist.utl.pt](mailto:mcjacinto@mar.ist.utl.pt)

### **Resumo**

Este artigo descreve um estudo de segurança que aplica uma metodologia recente, desenvolvida para avaliação do risco de acidente ocupacional, chamada “*Safety Function Analysis – SFA*”. Este método insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, sendo no entanto mais específico que os métodos tradicionais. Por um lado, esta especificidade resulta do facto do SFA apenas avaliar os perigos mais críticos, previamente identificados através de outros métodos mais abrangentes. Por outro lado, tem como principal objecto de estudo a análise do “estado de segurança” de um sistema através da avaliação das Funções de Segurança (ou existentes ou em falta no sistema em causa). O SFA integra conceitos e abordagens actuais, nomeadamente os conceitos de “*Safety Barrier*” e “*Safety Function*”. O conceito “*Safety Barrier*” ou “*Barreira de Segurança*”, é usado para identificar quais os meios físicos e/ou não físicos concebidos para prevenir, controlar ou atenuar acontecimentos indesejáveis ou acidentes. De forma análoga, uma “*Safety Function*” ou “*Função de Segurança*” é, por definição, uma medida técnica, organizacional ou a combinação de ambas, que tem como função reduzir a probabilidade e/ou as consequências da ocorrência de acidentes. No presente trabalho aplica-se a metodologia SFA a um Posto de Transformação de Energia Eléctrica da Renova. Para os perigos com risco mais elevado foram avaliadas cada uma das Funções de Segurança necessárias. Dessa avaliação resultaram propostas de alteração do estado da respectiva Barreira de Segurança, ou não, consoante a sua aceitabilidade.

## 1. Introdução

Com o decorrer dos tempos, e com a Revolução Industrial, o Homem teve necessidade de aumentar a produção de bens que deixaram de ser feitos artesanalmente para passarem a ser feitos por máquinas, originando novos perigos, para si, para o meio ambiente e para a propriedade, para os quais teve necessidade de implementar soluções para prevenir acidentes. Essas soluções passaram, e passam, por criar mecanismos físicos (barreiras) ou não, para prevenir acidentes e/ou proteger as pessoas, i.e., atenuar as possíveis consequências.

As barreiras podem então ser consideradas como sendo “obstáculos” que podem prevenir um determinado acontecimento perigoso, ou se ele ocorrer, protejam os indivíduos e/ou o ambiente, ou se não for possível proteger na totalidade, pelo menos podem minimizar os danos.

### 1.1. Barreiras de Segurança

Diferentes conceitos e terminologias relacionadas com o termo “barreira” têm sido sugeridos por diversos autores. Por exemplo, Ringdhal (2003, 2004) refere que uns autores utilizam o termo “barreira” para identificar aspectos organizacionais, e que outros utilizam termos, tais como: Função Barreira; Defesa ou Camada de Protecção. Hollnagel (2004) caracterizou o termo “Barreira” de diferentes maneiras: de *Prevenção* ou de *Protecção*, consoante estas actuam antes ou depois de uma determinada acção acontecer, respectivamente. Outras classificações possíveis são: *Activas* ou *Passivas*, onde as activas implicam realizar determinada função de segurança, enquanto as passivas não têm nenhuma acção definida, mas a sua simples presença, constitui a sua função. Segundo Duijm (2009; p.333), as barreiras activas “*incluem sempre uma sequência de Detecção - Diagnóstico - Acção*”. Hollnagel (2004) também as classifica de *Permanentes* ou *Temporárias*, onde as Permanentes são normalmente incluídas na fase de projecto, ou à posteriori, como resultado, por exemplo, de um acidente, e as Temporárias utilizam-se normalmente em situações pontuais e temporárias, resultantes, por exemplo, de obras ocasionais.

O termo *Barreira de Segurança* (*Safety Barrier*), foi inicialmente usado por Gibson, em 1961, como resultado da aplicação do modelo das energias na investigação de acidentes, e mais tarde por Haddon, em 1980, no subsequente desenvolvimento desse modelo, quando apresentou as suas 10 estratégias para a prevenção de acidentes (c.f. Sklet, 2006). Hollnagel afirma, em 1999, que em linguagem corrente, o termo *Barreira* é frequentemente sinónimo de *Função de barreira* (c.f. Sklet, 2006); para ser

mais correcto deveria ser usado o termo *Função de Barreira* em vez de somente *Barreira*.

Hollnagel (2004) refere ainda que Svenson faz uma distinção entre os termos **Função de Barreira** e **Sistemas de Barreiras**, que é:

*“Uma função de barreira representa uma função (e não um objecto) que pode parar a evolução do acidente por forma a que o acontecimento seguinte na cadeia não seja realizado, enquanto que o sistema de barreira está mantendo a função de barreira. Tais “sistemas” podem ser um operador; uma instrução; uma separação física, um sistema de controlo de emergências, e outros sistemas de segurança, componentes, e factores humano-organizacionais (Hollnagel, 2004, p. 82).*

Por outro lado, Sklet (2006) propõe algumas definições para *Barreiras de Segurança*, *Funções de Barreira* e *Sistemas de Barreira*, que a seguir se apresentam:

***Barreiras de Segurança*** são meios físicos e/ou não físicos planeados para prevenir, controlar, ou atenuar eventos indesejáveis ou acidentes (Sklet, 2006, p.496).

Os meios a que se refere a definição anterior podem ser simples unidades técnicas ou acções humanas ou sistemas complexos sócio-técnicos. O *prevenir* significa reduzir a probabilidade de um perigo existir, o *controlar* significa limitar a extensão e/ou a duração de um perigo, enquanto que *atenuar* significa reduzir os efeitos indesejáveis dos diversos perigos, tais como, por exemplo: falhas técnicas, erros humanos, eventos externos ou a combinação destes.

***Função de Barreira*** é uma função planeada para prevenir, controlar, ou atenuar eventos indesejáveis ou acidentes (Sklet, 2006, p.496).

A *função de barreira* descreve o objectivo das barreiras de segurança, ou seja, o que elas devem fazer para prevenir, controlar, ou atenuar. A *função* deve ser definida por um nome e um verbo, por exemplo, “abrir disjuntor” ou “parar Robô”. Uma função de barreira pode ter diversos sistemas de barreira para cumprir o seu objectivo, por exemplo: para prevenir a entrada de veículos numa rua, podemos utilizar *Jerseys* (ver figura 1.1) ou sinalização de trânsito proibido. Apesar de serem sistemas diferentes, e com eficiências diferentes, a função é a mesma.

***Sistema de Barreira*** é um sistema que foi desenhado e implementado para desempenhar uma ou mais funções de barreira (Sklet, 2006, p.496).

Um sistema de barreira descreve como uma determinada função de barreira é realizada ou executada. Um sistema de barreira pode consistir de diferentes tipos de elementos, físicos ou técnicos, actividades operacionais realizadas



pelas pessoas, ou combinação de ambas. Existem diferentes maneiras de classificar os sistemas de barreiras, consoante os autores (e.g.: Hollnagel, 2004, 2008; Sklet, 2006; Duijm, 2009); um modo de os classificar é baseado na sua natureza, conforme sugerido por Hollnagel (2008).

*Sistemas de Barreira Físicos* - estes sistemas impedem uma determinada acção de acontecer utilizando meios físicos. Exemplos de sistemas de barreira físicos são os edifícios, as paredes, as portas, os recipientes, etc. Estes sistemas têm normalmente limites de resistência física que podem ser quebrados. A figura 1.1 dá-nos um exemplo da utilização de muros de cimento (*Jerseys*) como barreira física.



Figura 1.1 – Utilização de Jerseys como barreira física

*Sistemas de Barreira Funcionais* – estes actuam de modo a impedir que uma determinada acção seja realizada através de encravamentos lógicos ou temporais (ex: interruptores de segurança, passwords em sistemas, cadeados de segurança, etc.). Estas funções requerem que um ou mais pré-requisitos sejam activados antes que uma determinada acção seja realizada. Estes pré-requisitos nem sempre necessitam de ser entendidos pelas pessoas, mas podem ser activados ou detectados por equipamentos tecnológicos, por exemplo, um dispositivo de segurança automático, como o mostrado na figura 1.2



Figura 1.2 – Relé Electrónico de monitorização

*Sistemas de Barreira Simbólicas* – estes sistemas requerem compreensão e interpretação por parte das pessoas. Existem na forma de sinais e avisos de diversos tipos e podem ser usados individualmente ou combinados. São exemplos destes sistemas os avisos sonoros e visuais, instruções presentes no local, demarcações espaciais, etc. A figura 1.3 mostra exemplos de barreiras simbólicas.



Figura 1.3 – Exemplo de Barreiras Simbólicas

*Sistemas de Barreira Incorpóreas* - estes sistemas não estão fisicamente presentes. Podem no entanto ser representados fisicamente através de livros ou manuais. Requerem essencialmente o conhecimento das pessoas de modo a atingir o seu objectivo. Exemplos destes sistemas são: regras, guias técnicos, restrições e leis. Na indústria, um exemplo são regras ditadas pela administração, como por exemplo, a proibição de fumar nas instalações.

## 1.2. Funções de Segurança

A terminologia usada para descrever as características de um sistema de segurança varia consideravelmente. A adoptada neste estudo baseia-se essencialmente no conceito de *Funções de Segurança (FS)*. O termo Função de Segurança (FS) foi proposto por Ringdahl (2001, p.155) como:

*“Uma Função de Segurança é uma função técnica, organizacional ou uma combinação de ambas, que pode reduzir a probabilidade e/ou a consequência dos acidentes ou outros acontecimentos indesejáveis num sistema”*.

A figura 1.4 ilustra o modelo geral das FS e os seus componentes básicos.



Figura 1.4 – Modelo Geral das Funções de Segurança (adaptado de Harms-Ringdahl (2001, p.156))

## 2. Método SFA – “*Safety Function Analysis*”

A metodologia SFA (*Safety Function Analysis*) foi desenvolvida a partir de 2000 por Harms-Ringdahl (2001). Esta baseia-se no conceito “Função de Segurança (FS)”. Este método tem como objectivo obter: uma descrição estruturada dum sistema de funções de segurança; uma avaliação das suas forças e das suas fraquezas e propor melhorias das FS existentes e/ou introduzir novas. O SFA assenta em seis etapas principais, como mostra a figura 2.1.

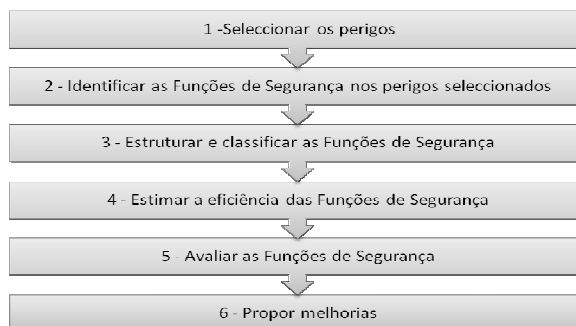


Figura 2.1.- Etapas principais da SFA (adaptado de Harms-Ringdahl, 2003)

Os próximos parágrafos apresentam uma breve descrição de cada uma das seis etapas do método.

### ***Etapa 1. Seleccionar os perigos***

A selecção dos perigos faz-se recorrendo a qualquer outro dos métodos clássicos de análise de riscos, como sejam: Análise de Energias, Análise de Segurança no Trabalho, HAZOP, FINE, etc. Desse primeiro estudo extraem-se os perigos mais significativos sobre os quais o método SFA irá incidir com maior detalhe. A selecção dos perigos para este trabalho resultou da aplicação do método FINE (simplificado) usado habitualmente na Renova.

### ***Etapa 2. Identificar as Funções de Segurança nos perigos seleccionados***

Existem vários métodos para identificar as Funções de Segurança. Um, é utilizar uma “checklist” estruturada de funções de segurança e identificar as que são relevantes para o perigo em análise. Outro método é, partindo de um perigo específico, colocar perguntas do tipo:

- Como manter baixa a possibilidade da ocorrência de um acidente?
- Como manter baixas as possíveis consequências de um acidente?
- Como diminuir a gravidade se o acidente acontecer?

Estas questões podem ser respondidas por entrevista ou num fórum de discussão. Neste caso, a identificação das FS nos perigos seleccionados como sendo os mais significativos, resultou de um fórum de discussão entre os autores do estudo, um oficial electricista da Renova e a responsável da higiene e segurança da empresa. Foi também tida em conta a legislação aplicável, em vigor para Postos de Transformação (PT).

### ***Etapas 3. Estruturar e Classificar as Funções de Segurança***

A lista resultante da etapa anterior é então estruturada de uma forma lógica, de forma a facilitar a sua classificação. Para isso Ringdahl (2001) sugeriu os seguintes parâmetros: Nível de Abstracção; Nível de Sistema; Tipo de Função de Segurança e Tipo de Objecto.

Como *Nível de Abstracção* entende-se o nível onde uma determinada FS se encontra, ou seja, se a FS tem uma função muito objectiva ou se é de carácter mais abrangente (i.e. genérico). Por exemplo, podemos ter uma função cujo objectivo é a protecção contra temperaturas elevadas utilizando sensores de temperatura, ou podemos ter como FS um sensor de temperatura com uma função muito objectiva no local onde se encontra.

O *Nível de Sistema* está directamente relacionado com a hierarquia do sistema. Exemplos de níveis podem ser respectivamente, componentes, máquinas, subsistemas, sistemas, secções, departamentos e a organização.

O *Tipo de Função de Segurança* descreve tudo o que uma determinada FS pode realizar. A tipologia das FS pode ser dividida em técnicas, organizacionais, humanas ou combinações destas. Neste tipo de classificação pode-se ter uma função cujo objectivo principal não é o de segurança mas que é influenciadora da segurança.

O *Tipo de Objecto* caracteriza o sistema a proteger, seja ele técnico, de software, de controlo, etc.

Neste trabalho as FS foram estruturadas em cinco grupos, baseados no parâmetro “*Tipo de Funções de Segurança*”, que são:

(1) *Contenção do Perigo*. Este grupo refere-se aos dispositivos mecânicos ou físicos que separam os perigos dos operadores durante uma operação normal, como por exemplo reservatórios de líquidos perigosos, isolamento de áreas, etc.

(2) *Automação e Controlo*. Exemplos de FS neste grupo são os encravamentos dos sistemas, comandos de arranque e paragem de movimentos, iluminação de emergência, central de incêndios, etc.

(3) *Procedimentos Informais*. Aqui estão incluídos aspectos do sistema organizacional e o que é que os operadores fazem como rotinas práticas

diárias no local de trabalho. Também se podem incluir neste grupo a sinalização sonora e visual, instruções de trabalho, treino em operações de emergência, etc.

(4) *Procedimentos Formais*. Aqui estão inseridos os procedimentos formais do sistema e que têm de ser rigorosamente cumpridos, nomeadamente: legislação aplicável, registos, registos de consignação de equipamento, etc.

(5) *Redução das Consequências*. Este grupo inclui os equipamentos necessários para redução das consequências se o acidente acontecer, i.e.: chuveiros, lava-olhos, varas de salvamento, stop de emergências, mala de primeiros socorros, etc., e também actividades organizacionais.

#### ***Etapa 4. Estimar a Eficiência das Funções de Segurança.***

Estimar a “eficiência” das FS consiste em avaliá-las segundo um certo número de características, que segundo Harms-Ringdahl (2003) incluem: Intenção; Importância e Eficiência.

A *Intenção* de uma FS é particularmente importante no “design” de um produto, equipamento, máquina, etc, onde por vezes é essencial definir as intenções de acordo com diferentes soluções. A intenção pode ser dividida em quatro categorias representadas na tabela 2.1

<b>Intenção da FS</b>	
0	Sem intenção e sem influência na segurança
1	Sem intenção, mas tem alguma influência na segurança
2	Com intenção, mas o seu objectivo principal é outro
3	Com intenção efectiva na segurança ou redução das consequências; i.e. foi intencionalmente concebida para segurança.

*Tabela 2.1 - Categorias da característica intenção (Harms-Ringdahl, 2003)*

A *Importância* de uma FS reflecte a sua maior ou menor influência na segurança, assumindo que esta funciona como o previsto. Também pode ser avaliada em quatro categorias, como mostra a tabela 2.2.

<b>Importância da FS</b>	
1	Sem influência na segurança
2	Pequena influência na segurança
3	Relativamente grande influência na segurança
4	Grande; intimamente ligada aos acidentes ou magnitude da consequência

*Tabela 2.2– Categorias da característica importância (Harms-Ringdahl, 2003)*

Finalmente, a *Eficiência* de cada FS é definida como sendo a probabilidade (P) de um dado equipamento (i.e. um dispositivo de segurança) existir e funcionar quando necessário. Também pode ser expressa como a *Probabilidade de Sucesso* (Ringdahl, 2003). O mesmo autor propõe várias formas de estimar a eficiência: ou em intervalos de probabilidades, ou, mais simplesmente, em três intervalos de avaliação subjectiva (baixa, média, alta). Neste estudo a Eficiência foi ordenada em três classes: Baixa, Média e Alta.

### ***Etapa 5. Avaliar as Funções de Segurança***

Da combinação dos três atributos acima apresentados, resulta uma avaliação global para cada FS. Avaliar uma FS significa verificar se esta é suficientemente boa, e se oferece cobertura suficiente para controlar os perigos. Para cada FS é feito um julgamento se esta é aceitável ou se são necessárias melhorias. Ringdahl (2003) usa a tabela 2.3 para efectuar este julgamento e estabelecer quais as medidas de melhoria que são necessárias para cada FS.

Descrição	
0	Aceitável, risco negligenciável
1	Aceitável, sem alterações necessárias
2	Não aceitável, é <u>recomendada</u> a mudança de sistema ou medida de segurança
3	Não aceitável, é <u>exigida</u> a mudança de sistema ou medida de segurança

*Tabela 2.3 – Escala de aceitabilidade das FS (Harms-Ringdahl, 2003)*

A decisão sobre a aceitabilidade, numa escala de 0-3, é feita caso a caso (i.e., para cada FS) levando em consideração os critérios anteriormente referidos: intenção, importância e eficiência.

### ***Etapa 6. Propor Melhorias***

Após decisão de aceitabilidade (ou não), pode ser necessário propor melhorias. Estas devem ser concretas, específicas para cada FS, e, supostamente, devem estar hierarquizadas por ordem de prioridade. No entanto, Harms-Ringdahl não estabelece qualquer mecanismo para definir prioridades, deixando essa decisão ao critério e bom senso do analista.

Para sistematizar melhor esta última fase de avaliação, os autores deste estudo criaram uma nova tabela (tabela 2.4) com uma estrutura do tipo “árvore de decisão” que explicita o **plano de acção** (genérico) para cada combinação possível de “Importância” versus “Eficiência”. Na prática, a nova tabela faz a “ponte” entre a aceitabilidade e o plano de acção, que já

inclui as prioridades de acção. O critério “prioridade” é definido pelos códigos (0-3), para compatibilizar os níveis aceitabilidade e prioridade. A tabela 2.4 indica o plano de acção a seguir.

Importância (4 níveis)	Eficiência	Prioridade 0-3	Plano de Acção (guia geral)
(4) Grande; SF intimamente ligada aos acidentes ou à magnitude da consequência	Alta	1	Não são necessárias alterações mas é importante monitorar e inspecionar para garantir que se mantém neste estado.
	Média	2	Não aceitável, são necessárias melhorias a curto prazo para aumentar a eficiência.
	Baixa	3	Não aceitável; são necessárias melhorias <u>urgentes</u> para aumentar a eficiência. Se os custos da sua realização forem elevados e o período de implementação for longo devem-se considerar sistemas redundantes
(3) Relativamente grande	Alta	1	Não são necessárias alterações; confirmar se o actual plano de inspecções é adequado e suficiente.
	Média	2	Não aceitável; são necessárias melhorias a curto ou médio prazo para aumentar eficiência
	Baixa	3	Não aceitável; são necessárias melhorias <u>urgentes</u> para aumentar a eficiência
(2) Pequena	Alta	1	Não são necessárias alterações
	Média	1	Não são necessárias alterações
	Baixa	2	Não aceitável; são necessárias melhorias a médio ou longo prazo para aumentar eficiência
(1) Sem influência na segurança, ou pequeno impacto	Alta	0	Não são necessárias alterações, risco negligenciável
	Média	1	Não são necessárias alterações
	Baixa	1	Não são necessárias alterações

*Tabela 2.4 Plano de acção (Árvore de decisão)*

Note-se, contudo, que neste processo de apoio à decisão, não se explicitou o critério “Intenção”, apesar do mesmo ter sido utilizado neste estudo, ao classificar as FS. O motivo prende-se fundamentalmente com o facto do “efeito” real de uma FS estar mais dependente da “importância” do seu impacto na segurança e da respectiva “eficiência”, do que no facto de ter ou não sido concebida intencionalmente para isso. De alguma forma, a “intenção” pode estar incluída na “importância” de uma barreira e aquilo que verdadeiramente interessa à segurança é a sua influência ou impacto real.

Em termos práticos, esta última etapa, da qual resultou a tabela 2.4, faz uma pequena alteração ao método original, porque combinou (2 em 1) os critérios “intenção” e “importância”. A alteração foi discutida com o autor do SFA que concordou com a ideia (Prof. Harms-Ringdahl, *comunicação pessoal*, email 26-8-2009); como consequência da troca de ideias, ele mesmo vai fazer algumas alterações ao método na sua próxima publicação.

O conhecimento das medidas de controlo de riscos a aplicar em cada caso é de extrema importância no combate aos acidentes de trabalho e às doenças profissionais. Deve-se, por isso, sempre que possível, seguir a seguinte hierarquização das medidas a tomar:

*Eliminar o Perigo.* Por exemplo, retirar equipamentos obsoletos que possam originar quedas em altura ou ao mesmo nível.

*Substituir o perigo.* Por exemplo, substituir um produto químico perigoso por outro menos perigoso, mas cuja função seja idêntica.

*Medidas de Engenharia e Protecção Colectiva.* Por exemplo: usar sistemas de refrigeração de salas para evitar sobreaquecimentos; usar dispositivos de protecção nas máquinas e equipamentos; isolar superfícies quentes, etc.

*Medidas organizacionais.* Por exemplo: Formação dos colaboradores sobre os perigos inerentes a cada tarefa; ajustes de horários, rotatividade nos postos de trabalho; etc.

*Equipamento de protecção Individual.* Por exemplo: óculos de protecção; protectores auriculares; luvas adaptadas a cada tarefa; capacetes; etc.

### 3. Aplicação da Metodologia – Caso de estudo

A metodologia aqui demonstrada tem como objecto de estudo um **Posto de Transformação** de energia eléctrica da Renova. A Renova – Fábrica de Papel do Almonda, S.A., é uma empresa especializada na fabricação de papel “tissue” e na sua transformação, bem como na produção de papel de impressão, escrita e embalagem. É uma empresa portuguesa de capital privado, constituída em 1939, com sede no concelho de Torres Novas. Possui duas unidades industriais, uma situada junto à nascente do Rio Almonda (Fábrica 1) e a outra a dois quilómetros de distância deste local (Fábrica 2). Actualmente emprega cerca de 670 trabalhadores, distribuídos pelas duas fábricas. Possui implementados: um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) com base na NP EN ISO 9001:2000; um sistema de Sistema de Gestão Ambiental, de acordo com o referencial ISO 14001:2004 e EMAS; um Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho, segundo a norma OHSAS 18001:2007; um Sistema de Segurança Alimentar, segundo



o referencial BRC/IoP e um Sistema de Investigação, Desenvolvimento e Inovação segundo a norma NP4457.

A escolha do Posto de Transformação (PT) como objecto de análise deveu-se à construção de um novo PT, projectado para responder a um aumento de potência das instalações e, também, para melhorar as condições de segurança na exploração do mesmo. Também se tiveram em conta as consequências gravíssimas no caso de ocorrer um acidente com a média tensão. Do ponto de vista metodológico global, dividiu-se o trabalho em duas fases. Numa primeira fase fez-se uma pesquisa bibliográfica e de legislação sobre riscos e segurança em postos de transformação; daqui resultou uma “*checklist*” para garantir que as funções de segurança legais e obrigatórias fossem todas incluídas no processo de análise.

Posteriormente, numa segunda fase, foi verificado o mapa de avaliação de riscos da Renova para os postos de transformação; dele se retiraram os perigos mais significativos e sob os quais se incidirá o estudo SFA - (*Safety Function Analysis*).

### 3.1. Caso de estudo

Da análise do mapa de avaliação de riscos da Renova para os postos de transformação, os perigos mais significativos são: o **choque eléctrico em MT**<sup>1</sup>, o **choque eléctrico em BT**<sup>2</sup> e o **incêndio/explosão**.

A abordagem seguida para a identificação das FS, no caso dos perigos de choque eléctrico, começou por identificar os diversos modos de ocorrência de um choque eléctrico e os respectivos tipos de protecção. Estes são estabelecidos pela legislação em vigor, nomeadamente: as *Regras Técnicas das Instalações Eléctricas em Baixa Tensão* e o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (INCM, 1985). Os tipos de protecção requeridos foram um auxiliar para identificar algumas das Funções de Segurança. Outras surgiram do fórum realizado para o efeito e já referido anteriormente.

Depois de identificadas as FS para cada perigo, estas foram classificadas em 5 grupos: *Contenção do Perigo*; *Automação e Controlo*, *Procedimentos Informais*; *Procedimentos Formais* e *Redução das Consequências*. Depois desta fase, procedeu-se à avaliação de cada uma das FS, segundo a *intenção*, a *importância* e a *eficiência*. As avaliações das FS, para o perigo “*choque eléctrico em MT*”, encontram-se representadas na tabela 3.1

---

<sup>1</sup> MT- Média Tensão

<sup>2</sup> BT- Baixa Tensão

Para um melhor entendimento do processo de avaliação das FS seguir-se-á a avaliação de uma FS concreta, a título ilustrativo. Considere-se a FS “**Encravamentos mecânicos com chave**” (marcada com uma seta na tabela 3.1). O encravamento mecânico com chave só permite efectuar determinadas manobras quando outras foram cumpridas, de modo a impedir acções inadvertidas que possam causar risco de contacto directo com a corrente eléctrica. As manobras que se vão realizando vão permitir retirar/encravar chaves em fechaduras, que só saem quando a tarefa anterior está cumprida.

A título de exemplo: suponhamos que se quer entrar dentro de uma cela onde se encontra um transformador de média tensão (30 KV). Para esta abrir precisamos de uma chave que se encontra “presa” na cela de MT do monobloco de 30 KV. Para obter essa chave temos de proceder do seguinte modo:

- 1.º Desligar o **Disjuntor de Baixa Tensão** do Transformador de Potência correspondente (no QGBT) e soltar a **chave X1** correspondente;
- 2.º Desligar o **Disjuntor Q1 (na cela de MT)** no manípulo de comando. Introduzir a **chave X1** na respectiva fechadura e rodá-la. Com o **Disjuntor Q1** desligado, rodar o respectivo manípulo de comando, no sentido horário, até libertar a **chave X2**
- 3.º Inserir a **chave X2** no comando do **Seccionador SF** e desencravá-lo, ficando a chave presa.
- 4.º Inserir a alavanca no **Seccionador SF** e abri-lo;
- 5.º Inserir a alavanca no **Seccionador de Terra** e fechá-lo. Nesta posição a **chave Z2** vai-se libertar, permitindo abrir a respectiva porta de acesso ao transformador e ter acesso ao interior da cela.

Como se depreende, o acesso ao interior de uma cela dum transformador, com ele em tensão, é muito dificultado pela FS em análise. A sua avaliação justifica-se da seguinte maneira:

- A **intenção** com que se desenharam estes encravamentos foi efectivamente para a segurança, logo a sua classificação de “3”;
- Este tipo de encravamento é de **grande importância** para a segurança pois evita as manobras inadvertidas, logo a sua classificação “4”;
- A avaliação da **eficiência** em “Alta” deveu-se à resposta afirmativa às 4 perguntas seguintes: 1) existem encravamentos mecânicos nas portas e aparelhagem? 2) funcionam adequadamente? 3) as fechaduras/chaves estão em bom estado? e 4) as fechaduras/chaves são únicas?

### ***Nível de Risco e proposta de melhorias***

Como já referido, o critério de aceitabilidade de cada FS é o sugerido por Harms-Ringhdal (2001). Esta aceitabilidade, que dependente essencialmente da importância e da eficiência de cada FS, originou um plano de acção concreto (ultima coluna da tabela 3.1).


Metodologia Safety Function Analysis										
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação			Acção		
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência	Prioridade	Código	
Choque eléctrico M T ( Média Tensão )	Contacto directo	Isolamento das partes activas	Contenção do Perigo	Isolamento dos cabos MT	3	4	Alta	1	a	
		Barreiras ou obstáculos		Monobloco fechado MT	3	4	Alta	1	b	
		Dispositivos diferenciais		Porta das celas dos transformadores	3	4	Alta	1	c	
	Contacto indirecto	Corte automático da alimentação		Accessibilidade ao PT	3	3	Média	2	d	
				Utilização de EPI (luvas isolantes classe 4, capacete com viseira)	3	4	Média	2	e	
		Utilização de equipamento da classe II		 Automação e Controlo	Encravamentos mecânicos com chave	3	4	Alta	1	f
					Ligações equipotenciais à terra	3	3	Média	2	g
					Disjuntores de protecção aos transformadores	2	3	Média	2	h
					Iluminação de Emergência	1	3	Média	2	i
		Locais não condutores		Procedimentos Informais	Sinalização de aviso de "perigo de morte"	3	2	Baixa	2	j
					Circuitos correctamente identificados	1	3	Média	2	k
		Ligação equipotencial local não ligado à terra		Procedimentos Formais	Esquemas eléctricos actualizados no local	1	3	Média	2	l
					Procedimento de regras de utilização em MT	1	2	Média	1	m
					Formação em Riscos Eléctricos	1	3	Média	2	n
					Procedimento de funcionamento do PT	2	3	Média	2	o
					Registo de terras	1	2	Baixa	2	p
		Separação eléctrica		Redução das Consequências						
					Regras de primeiros socorros - mod.488 da INCM	3	3	Média	2	q
					Stop de emergência do PT	3	3	Média	2	r
					Vara de salvamento	3	2	Baixa	2	s
		Ligação equipotencial suplementar			Socorristas credenciados 24h	3	3	Alta	1	t

Tabela 3.1 – Avaliação das Funções de Segurança para o perigo “choque eléctrico em MT

Nessa última coluna, para cada FS é atribuído um índice /código que nos indicará qual(ais) o(s) requisito(s) necessário(s) para que a respectiva FS tenha uma eficiência alta e qual(ais) será(ão) as acções a tomar em cada caso. Na(s) acção(ões) são usados verbos de acção, como por exemplo: Manter; Verificar; Realizar; Comprar; Colocar, etc.

A tabela 3.2 mostra um exemplo destas medidas, nomeadamente para o caso concreto da FS “encravamentos mecânicos com chave” (*vide* cod. f).

### **3.2. Síntese dos resultados (estudo global)**

Na secção anterior (3.1) demonstrou-se a aplicação do método a uma FS específica, a título ilustrativo. No PT em causa foram analisados três perigos identificados como os mais críticos, tendo sido avaliadas, no total, 59 FS.

Como já referido, este PT é novo; foi construído recentemente sob especificação detalhada de projecto que, aparentemente, já contemplava todos os requisitos de segurança técnicos e legais. O principal objectivo, neste caso, era o de avaliar se tudo estava efectivamente implementado e em boas condições de funcionamento. Não constituiu por isso surpresa o facto de muitas recomendações serem do tipo “manter” ou “manter e verificar”. Apesar das circunstâncias especialmente favoráveis, a aplicação da metodologia permitiu detectar 39 situações que não estavam suficientemente acauteladas e que careciam de acção correctiva ou de melhoria.

Os resultados obtidos, *per si*, demonstram a vantagem do método, que será em breve aplicado aos restantes PT da empresa.

## **4. Conclusões**

O estudo apresentado constitui um exemplo prático de utilização da metodologia SFA. Esta, insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, apesar da sua aplicação ser mais específica quando comparada com outros métodos, pois, contrariamente a esses, o SFA tem como principal objecto de análise o “estado da segurança” através da avaliação das funções de segurança (existentes ou em falta no sistema). Pode dizer-se que oferece uma forma complementar e substancialmente diferente de “olhar para a questão”. Avalia a segurança instalada, em vez de avaliar o risco potencial.

Por ser de natureza mais especializada requer geralmente mais tempo e mais recursos do que um método tradicional de “espectro largo”. A sua principal vantagem reside no facto de obrigar o analista a pensar de forma diferente e a identificar *funções segurança* que noutros métodos passam despercebidos.

Código	Requisitos necessários para as FS para o choque eléctrico em Média Tensão (MT)	Accões Correctivas propostas
<b>a</b>	Todas as partes activas devem ser completamente isoladas por isolamento que apenas possa ser retirado por destruição.	<b>Manter</b> o bom estado de conservação do isolamento da cablagem. <b>Verificar</b> anualmente o seu estado.
<b>b</b>	O monobloco MT deve conserva-se em bom estado de conservação.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação do monobloco MT.
<b>c</b>	As portas de rede de acesso às celas dos transformadores devem possuir fechaduras de encravamento mecânico, com chaves, e manterem-se em bom estado de conservação.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das portas de rede de acesso às celas e o funcionamento correcto das fechaduras.
<b>d</b>	O acesso ao PT só deve realizar-se mediante chave que se encontra no chefe de turno e deve ser restrito aos colaboradores da manutenção eléctrica da Renova, salvo autorização pela chefia da mesma.	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das portas de rede de acesso ao PT e o funcionamento correcto da fechadura. <b>Implementar</b> procedimento de acesso restrito aos PT.
<b>e</b>	Deve existir no local e em bom estado: luvas isolantes classe 4 (isolamento para 30 KV); tapete isolante; capacete com viseira. O seu uso é obrigatório aquando das manobras em média tensão.	<b>Verificar</b> o bom estado dos EPI referidos. <b>Colocar</b> sinalização de uso obrigatório dos EPI. <b>Sensibilizar</b> os operadores da manutenção eléctrica sobre o uso dos EPI.
<b>f</b>	Devem existir encravamentos mecânicos com chave, de modo a impedir manobras/intervenções inadvertidas	<b>Manter e Verificar</b> o bom estado de conservação das fechaduras de encravamento mecânico. <b>Testar</b> a sua funcionalidade anualmente.
<b>g</b>	Todas as estruturas metálicas (portas dos quadros, caminhos de cabos metálicos, caleiras metálicas) devem estar ligadas ao circuito de protecção.	<b>Implementar</b> as ligações equipotências das caleiras metálicas ao circuito de protecção. <b>Verificar</b> anualmente o bom estado das ligações equipotenciais à terra através do teste de continuidade.
<b>h</b>	Os disjuntores devem disparar aquando uma sobrecarga, um curto circuito ou uma ordem de protecção aos transformadores proveniente do relé DGPT2.	<b>Realizar</b> ensaios anuais de funcionalidade do relé DGPT2 para comprovar o disparo dos disjuntores em caso de actuação de uma protecção. <b>Realizar</b> ensaios anuais das protecções de sobrecarga e curto-circuito do relé SPAJ.
<b>i</b>	No PT deve existir um circuito de iluminação de emergência.	<b>Verificar</b> semestralmente a existência de lâmpadas fundidas no circuito de emergência. <b>Testar</b> semestralmente a funcionalidade do circuito de emergência.

*Tabela 3.2 – Exemplo de Accões correctivas propostas para o perigo “choque eléctrico em MT”*

Neste trabalho, a análise SFA efectuada a um Posto de Transformação de energia eléctrica, permitiu identificar e avaliar um total de 59 *funções de segurança* (FS), aplicáveis a três perigos particularmente críticos. Das recomendações resultantes, em 20 FS deve-se Manter o estado e verificar, enquanto nas restantes 39 se deve aumentar a respectiva eficiência: quer seja adquirindo material não existente; ou etiquetando componentes que não estavam identificados, ou realizando acções de formação, etc.

Os resultados desta avaliação são reveladores da grande utilidade do método, dado que se trata de um Posto de Transformação construído de raiz, onde muitas das FS já estavam implantadas. Este trabalho irá servir de base para a uma reavaliação de riscos noutros PT da Renova, onde mais acções correctivas serão necessárias realizar.

## 5. Referências

- Duijm, N.J. (2009), “Safety-barrier diagrams as a safety management tool”, *Reliability Engineering and System Safety*, 97, 332-341.
- Harms-Ringdahl, L. (2001), “Safety Analysis – Principles and Practice in Occupational Safety”, 2<sup>nd</sup> Edition. Taylor & Francis, London.
- Harms-Ringdahl, L. (2003), “Assessing safety functions – results from a case study at an industrial workplace”, *Safety Science*, 41, Issue 8, 701-720.
- Harms-Ringdahl, L. (2004), “Assessing safety functions and barriers – Experiences from different Industrial Sectors”, *Proceedings of ESREL 2004*, Springer, 100-109.
- Hollnagel, E. (2004), “Barriers and accident prevention”, Ashgate Publishing Limited, England.
- Hollnagel, E. (2008), “Risk + barriers = safety ?”, *Safety Science*, 46, 221-229.
- INCM (1985), “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento”. Imprensa Nacional, Casa da Moeda.
- Sklet, S. (2006), “Safety barriers: definition, classification, and performance”. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19, 494-506.